

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta strojní**

Ing. Vlastimil Moni

**VLIV TEPLITNÍHO OBRAZU ZUBU KOREČKU KOLESA**  
**NA JEHO ŽIVOTNOSTI**

autoreferát doktorské disertační práce

Školící pracoviště: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta  
strojní,  
Katedra výrobních strojů a konstruování

Školitel: doc. Ing. František Helebrant, CSc.

Studijní obor: 23 02 V019 Stavba výrobních strojů a zařízení

Oponenti: prof. Ing. Václav Legát, DrSc.  
TF ČZU v Praze

prof. Ing. Hana Pačaiová, PhD.  
SjF TU v Košicích

doc. RNDr. Jan Nedbal, CSc.  
MFF UK v Praze

Ostrava, 2011

## ANOTACE DISERTAČNÍ PRÁCE

Moni, V. *Vliv teplotního obrazu zubu korečku kola na jeho životnost*: disertační práce. Ostrava: VŠB–Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2011, 120 s. Školitel: Helebrant, F.

Těžba hnědého uhlí v České republice je velmi důležitá z hlediska zabezpečení potřeb národního hospodářství. S postupem porubních front lomové těžby hnědouhelného revíru do větších hloubek a složitých geologických podmínek dobývání narůstají problémy s rozpojováním zpevněných poloh nadložních jílu či jílovců. Těžba ve velmi pevných horizontech se projevuje destrukcí zubů a korečků. V písčitých jílech s čočkami a pískovcích se pak přidává k silovým účinkům i abrazivnost těženého materiálu.

Základní myšlenkou předkládané disertační práce je výzkum vztahů mezi geometrií břitu (zubu) rozpojovacího orgánu kolesového rýpadla (korečku) a jemu příslušející energetickou náročností, životností, pozicí v korečku a tepelným obrazem (termogramem) v daných báňsko-geologických podmínkách s využitím nejmodernějších měřicích prostředků a metod vyhodnocování.

## ANNOTATION OF THESIS

Moni, V. *Influence of wheel bucket tooth thermal image on its lifetime*: thesis. Ostrava: VŠB–Technical university Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Specialisation Machines and Devices, 2011, 120 p. Thesis head: Helebrant, F.

Brown coal mining is very important for the needs of national economy in the Czech Republic. Problems with disconnection of overlying hard clay and claystone positions increase with open pit mines getting deeper into complicated geological excavating conditions. The mining in very hard horizons means destruction of teeth and edges. Abrasion by mined material adds to force effects in sandy clays with lenses and in sandstones.

The research of relations between the geometry of the edge (tooth) of the disconnecting member of a wheel excavator (bucket) and appropriate energy consumption, life-time, the bucket position, and a thermogram in given geological conditions using the latest measuring devices and evaluation methodology is the basic idea of this presented doctor thesis.

## OBSAH

ANOTACE .....	2
1 ÚVOD .....	4
2 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE .....	6
3 VÝCHOZÍ PODMÍNKY K ŘEŠENÍ .....	7
3.1 Současný stav problematiky .....	7
3.2 Metoda práce a přístup k řešení experimentálních prací .....	8
3.3 Rozpojovací orgán, tvar a řezná geometrie .....	12
4 POJMY A ZPŮSOBY VÝPOČTU NEJDŮLEŽITĚJŠÍCH VELIČIN .....	16
4.1 Velikost příkonu pohonu kola a otoče v závislosti na těžném množství zeminy .....	16
4.2 Opatření břitů, zubů .....	17
4.3 Tepelné zatížení břitů zubů získané pomocí termografie .....	20
4.4 Laboratorní analýza vzorků hornin .....	26
5 EXPERIMENTÁLNÍ PRÁCE A MĚŘENÍ .....	28
5.1 Stručný popis měření, jejichž výsledků bylo využito pro potřeby práce..	29
6 METODIKA MĚŘENÍ OTEPLENÍ ZUBU – BŘITU POMOCÍ TERMORIZNÍ KAMERY.....	31
6.1 Podmínky měření .....	31
6.2 Vlastní měření .....	32
6.3 Vyhodnocení měření .....	33
7 ANALÝZA DAT .....	34
7.1 Exploratorní statistika .....	34
7.2 Testování hypotéz .....	34
7.3 Souhrn dílčích závěrů z provedené analýzy.....	36
7.4 Výsledky měření pro geometrii 2 .....	38
7.5 Výsledky měření pro geometrii 3 .....	39
8 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ .....	40
8.1 Porovnání geometrií 1 a 3 .....	43
8.2 Shrnutí výsledků práce .....	47
9. ZÁVĚR .....	49
POUŽITÁ LITERATURA .....	51
VLASTNÍ PUBLIKACE .....	53

## 1. ÚVOD

Statistická analýza zásob světové energie od firmy BP tvrdí, že svět má stále ještě dostatek "dokázaných" rezerv, takže bude možné spotřebovávat ropu dnešní rychlostí ještě čtyřicet let. Avšak vědci z londýnského Oil Depletion Analysis Centre kritizovali významnou analýzu zbývajících globálních ropných rezerv a varovali, že konec ropné éry přijde dříve, než jsou vlády a ropné společnosti ochotny přiznat [22].

Za této situace postupně převzme roli strategické energetické suroviny uhlí, jehož světové zásoby jsou jeden bilion tun a umožňují těžbu po dobu více než 230 let. Je zřejmé, že státy, na jejichž území se nacházejí ložiska černého a hnědého uhlí, budou méně závislé na dovozu energetických surovin. Výrazné snížení závislosti na dovozu drahých energetických surovin je také jednou z priorit EU, která nabádá své členy k maximálnímu využívání vlastních zdrojů prvotní energie. V České republice je jediným významným domácím prvotním energetickým zdrojem hnědé uhlí, těžené v severočeské a sokolovské pánvi, a černé uhlí, těžené na Ostravsku.

Těžba hnědého uhlí v České republice je tedy velmi důležitá z hlediska zabezpečení potřeb národního hospodářství při maximálním využití domácích surovin, minimalizaci nákladů a energetické náročnosti. Důležitou součástí jsou těžební zařízení a vlastní využití hnědého uhlí pro energetické účely. Dobývací proces v povrchovém hnědouhelném hornictví je v České republice v převážné míře realizován kolesovými rýpadly, která jsou součástí technologických celků (TC). Současný stav sledování provozu, zatížení, výkonnosti a efektivnosti provozu těchto rýpadel na povrchových dolech je většinou orientován na měření a vyhodnocování rypných sil, příkonu a dobývaného množství. Rovněž dosud prováděná provozní měření výrobců, eventuálně uživatelů kolesových rýpadel se zaměřují na stanovení silových účinků a jsou velmi náročná, protože každá případná změna tvaru či geometrie břitu je finančně nákladná a časově náročná (značné množství zubů a korečků na kolesovém rýpadle). Koleso rýpadla a jeho geometrie jsou determinujícím prvkem dobývacího stroje, který je v interakci s rozpojovanou horninou.

S postupem porubních front lomové těžby hnědouhelného revíru do větších hloubek a složitých geologických podmínek dobývání narůstají problémy s rozpojováním zpevněných poloh nadložních jíílů či jílovců, které se promítají nejen do výkonových parametrů v důsledku nárůstu rypných odporů, ale současně výrazně ovlivňují životnost některých uzlů dobývacích strojů. V prvé řadě jde o elementy, které jsou vystaveny účinkům

rypných sil bez tlumení, a těmi jsou především rypné orgány. Účinek práce ve velmi pevných horizontech se projevuje destrukcí zubů a korečků. V písčitých jílech s čočkami a pískovcích se pak přidává k silovým účinkům i abrazivnost těženého materiálu.

Rozhodující vliv na **efektivnost** dobývacích procesů kolesových rýpadel má tvar a geometrie břitu korečků, materiál břitů a zubů. Častá výměna rypných orgánů vlivem opotřebení nebo vylomení zvyšuje náklady těžebního procesu. Též se zkracuje čas periody prostojů velkostroje, což má za následek nižší výkonnost TC.

Opotřebení sebou nese změnu tvaru, geometrie a případně materiálových vlastností na straně jedné a zvýšenou energetickou náročnost dobývacího procesu na straně druhé. Předkládaná disertační práce se zabývá využitím termovizního měření povrchové teploty břitů zubů dobývacích orgánů a vztahem získaných výsledků (oteplení) k efektivnosti dobývacího procesu, přičemž oteplení se uvažuje jako jeden z faktorů vlivu tvaru a geometrie břitu na energetickou náročnost rozpojovacího procesu.

Skutečné opotřebení břitů rozpojovacích orgánů velkostroje závisí na mnoha faktorech, z nichž zásadní význam mají abrazivita horniny a rozpojovací odpory, které klade hornina rozpojovacímu orgánu velkostroje. Velikost obou závisí především na petrografických a fyzikálně mechanických vlastnostech nadložních sedimentů. To bylo dostatečně přesvědčivě prokázáno při řešení a aplikaci výsledku řešení grantového úkolu GAČR, registrovaného pod č.105/98/0166, s názvem „Prognózování rozpojovacích odporů hornin v perspektivních dolových polích velkolomů.“ Jeho výsledky využívá grantový projekt GAČR č. 105/07/1031 „Výzkum vlivu tvaru a geometrie břitu rozpojovacích orgánů kolesových rýpadel pomocí nových metod na energetickou náročnost a životnost“ jako spojovací most mezi vlastnostmi horniny a mechanickým namáháním břitu při hledání vztahů mezi oteplením břitu rozpojovacího orgánu a energetickou náročností rozpojovacího procesu, přičemž tyto jsou determinovány vlastnostmi břitu na straně jedné (tvar, geometrie, materiál) a vlastnostmi rozpojované horniny – sedimentu (fyzikální a chemicko-petrografické vlastnosti) na straně druhé.

Význam těchto vztahů spočívá v tom, že je možno:

- na základě petrografických a fyzikálně–mechanických vlastností hornin, zjištěných vrtným průzkumem a laboratorně, prognózovat opotřebení–životnost břitu rozpojovacího orgánu a tím i jeho spotřebu.
- využít při optimalizaci tvaru břitu nebo zubu rozpojovacího orgánu rýpadla.

## 2. CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Hlavním cílem disertační práce je stanovení metodiky vyhodnocování, která by umožnila v provozních podmínkách provádět jednoduchou, technicky a ekonomicky nenáročnou zkoušku, na jejímž základě by se posuzovalo opotřebení.

Tato práce je zaměřena na sestavení modelu abrazivního opotřebení při dobývacím procesu kolesového rýpadla v závislosti na geometrii rozpojovacích orgánů, materiálu a rozpojované hornině pomocí termovizní kamery.

Navrhovaná koncepce řešení vychází z předpokladu, že s rostoucími řeznými odpory se bude zvyšovat opotřebení rypných orgánů a tím se bude zvyšovat jejich teplota. Vzhledem k tomu, že neexistuje metodika teplota – opotřebení, je cílem disertační práce:

- analýza problematiky opotřebení a teploty povrchů
- teoretické řešení modelu
- měření v provozních podmínkách
- vyhodnocení výsledků

teplota =  $f(\text{opotřebení, geometrie břitu, geologických podmínek})$

opotřebení =  $f(\text{teploty, geometrie břitu, geologických podmínek})$

životnost =  $f(1/\text{rychlost opotřebení})$

Předpokládaným přínosem bude dokonalejší poznání vlivu teplot na rozpojovací proces u kolesových rýpadel. Výsledky se budou moci využít:

- při projekci nových rypných orgánů v závislosti na vlastnostech dobývaných hornin
- pro jednoduché porovnání různých (nových) typů břitů v daných báňsko-geologických podmínkách
- pro úsporu nákladů spojených s obnovou řezných orgánů vzhledem k racionálnímu přístupu při jejich výměně.

### 3. VÝCHOZÍ PODMÍNKY K ŘEŠENÍ

#### 3.1 Současný stav problematiky

Vzhledem k reálným, stále tvrdším, dobývacím poměrům v nadloží sloje na hnědouhelných lomových provozech a to zejména ve spodních řezech, výskytu tvrdých poloh včetně proplástků o velmi vysoké pevnosti a tím i nezbytné rozpojovací síle dobývacích orgánů rýpadel dochází ke značným nákladům spojeným s obnovou stále se otupujících a značně ubývajících řezných orgánů.

Vlastní kolesová rýpadla jsou na různých lomech provozována v různých báňsko-geologických poměrech. Jednotlivé typy strojů mají různou hodinovou výkonnost i rozpojovací síly a jsou osazeny rozpojovacími orgány – korečky s různými tvary a řeznou geometrií.

Z pohledu těžené horniny jsou kolesová rýpadla používána k těžbě uhelné sloje nebo jejího nadloží. Ke většímu namáhání a spotřebě rozpojovacích orgánů a jejich břitů či zubů dochází při těžbě uhelného nadloží - skryvky. Tam také pracují kolesová rýpadla větší výkonnosti a modernější konstrukce, u nichž častěji dochází k modernizaci a u nichž je předpoklad optimalizace výkonu. Intenzifikace výkonnosti jednak směrem ke schopnosti těžít stále tvrdší polohy a jednak ke zvyšování provozní výkonnosti.

Nadloží uhelné sloje, ve kterém jsou provozovány dobývací stroje, je sedimentárního původu, avšak různého petrografického složení. Pro sledování závislosti měrné energetické spotřeby na opotřebení břitů či zubů rozpojovacích orgánů rýpadel je nutné brát v úvahu ta rýpadla, která jsou nasazena v relativně homogenním prostředí. Takové prostředí poskytují geologické vrstvy spraší, jílu, jílovců, prachovců, písků a jejich smíšenin, tedy většina báňských řezů. Už za ně však nelze považovat horizonty s mohutnými pevnými polohami, tj. s výskytem pelokarbonátových a pelosideritických čoček či proplástků. Setrvačné síly kola, jako mechanického uzlu, je svým  $GD^2$  překonají, avšak dochází při tom k lámání i zcela nových břitů či zubů. Těžba s takto poškozenými rozpojovacími orgány potom zkresluje hodnoty měrné energetické spotřeby.

Některá rýpadla výkonové řady TC-2 mají odlišnou hodinovou výkonnost, a to jak teoretickou, tak skutečnou. Je to dáno prováděnými konstrukčními změnami vycházející z požadavků odběratelů na stroje, tak následnými rekonstrukcemi. Stroje, které jsou zahrnuty

do souboru, mají přibližně stejnou teoretickou výkonnost  $Q_t$  podle ČSN 27 7013, což je jeden z předpokladů pro objektivizaci výsledků experimentu.

Současný stav sledování provozu, zatížení a výkonnosti těchto rýpadel na povrchových hnědouhelných lomech je většinou orientován na měření a vyhodnocování rypných sil, příkonu a dobývaného množství. Výrobci rýpadel se soustřeďují na provozní měření silových účinků vznikajících od rozpojovacího procesu na kolese rýpadla a jejich vliv na stěžejní prvky a uzly stroje, aby mohli zkontrolovat závěry teoretických výpočtů, případně vliv konstrukčních řešení na rozpojovací proces. Koleso rýpadla a jeho geometrie jsou determinujícím prvkem dobývacího stroje, který je v interakci s rozpojovanou horninou. Rozhodující vliv na efektivnost a výkonnost dobývacích procesů kolesových rýpadel má tvar a geometrie břitu korečků, tvar a geometrie předsunutých zubů a materiál břitů a zubů. Provozní měření výrobců, popřípadě uživatelů kolesových rýpadel se dosud zaměřují převážně na stanovení rozpojovacích, resp. rypných sil, dále pak na měření silových účinků, jako je například měření obvodové síly, boční síly atd. Tato měření in situ jsou velmi náročná, a tak jsou tato měření prováděna jen po zásadních rekonstrukcích dobývacích orgánů rýpadel.

### 3.2 Metoda práce a přístup k řešení experimentálních prací

**Metoda práce** spočívá ve zjištění korelačních vztahů mezi oteplením břitu [ $^{\circ}\text{C}$ ] a opotřebením břitu [% hmotnostní], resp. mezi energetickou náročností [ $\text{kWh}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{r.z.}$ ] a opotřebením [% hmotnostní] při dané geometrii břitu [konstrukce rozpojovacího orgánu] a geologických podmínkách [index JKS].

Získané korelační vztahy mají význam pro prognózování spotřeby břitů rozpojovacích orgánů a pro volbu či hledání optimální geometrie v daných báňsko-geologických podmínkách.

Pro konstrukci uvedených vztahů byla využita měření provedená v rámci řešení výzkumného úkolu GAČR č. 105/07/1031, jehož jsem byl spoluřešitelem.

Určitým limitujícím faktorem byla skutečnost, že rýpadla jsou na různých lomech provozována v různých báňsko-geologických podmínkách a že měření in-situ na rýpadlech musela být prováděna za plného provozu při respektování stanovených báňských postupů.

Prováděná měření jsou velmi náročná jak na přípravu, tak na zajištění vlastního průběhu měření i jeho zpracování. Bylo tedy možno provádět je na těch vybraných lokalitách



a pracovních horizontech, kde to báňsko-technické podmínky dovolovaly a kde také hospodářské vedení organizací takové měření umožnilo. Měření v rámci vytyčeného úkolu byla omezena na tři lokality, a to Severočeské doly a.s. – Doly Bílina, Severočeské doly a.s. – Doly Nástup Tušimice a Vršanská uhelná, a.s.

Předkládaná disertační práce vychází z celé řady nejen krátkodobých měření, ale i ze 3 dlouhodobých měření na kolesových rýpadlech řady TC2. Tato měření pokrývají celkem čtyři různé geometrie břitů a geologické podmínky, v nichž se měření prováděla. Jsou zpracovány údaje z let 2007 ÷ 2011.

Do souboru rýpadel, která byla podrobena sledování, jsou zahrnuta rýpadla, která:

- samostatně pracují v relativně homogenním prostředí, avšak vzájemně různém, tj. ve třídách A, B, C, podle JKS, příp. 5. řez Velkolomu Bílina ve třídě D podle JKS,
- mají malý rozptyl  $Q_1$  podle výrobce,
- pokud možno jsou nasazena na různých lokalitách,
- mají různý tvar a geometrii břitu či zubu rozpojovacího orgánu.



**Obrázek č. 1** – kolesové rýpadlo typové řady KU 800; zdroj: autor



**Obrázek č. 2** – kolesové rýpadlo typové řady **K 2000**; zdroj: autor



**Obrázek č. 3** – kolesové rýpadlo typové řady **SchRs 1320**; zdroj: autor

Výše uvedeným kritériím vyhovuje dominantní dobývací technika, nasazená prakticky výhradně v nadloží uhelné sloje. Jsou to kolesová rýpadla výkonnostní třídy TC 2. Největší podíl z nich tvoří rýpadla typové řady **KU 800** (viz obr. č. 1) s teoretickou hodinovou výkonností po rekonstrukci pohonu kola cca 5 300 až 5 500 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>s.z.. Do souboru rýpadel třídy TC 2 dále patří kolesové rýpadlo **K2000** (viz obr. č. 2) o Q<sub>th</sub> = 5 500 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>s.z. a dva nové stroje výkonnostní třídy TC 2 typu **SchRs 1550** a **SchRs 1320** (viz obr. č. 3).

### *Základní parametry kolesových rýpadel třídy TC-2*

Základní parametry kolesových rýpadel TC-2 s ohledem na hodinovou výkonnost a rozpojovací schopnosti rýpadel po rekonstrukcích, jakož i nově dodaných strojů, jsou uvedeny v tabulce č. 1. Rekonstrukcemi se u většiny velkostrojů (tabulka č. 1) zvýšila jak teoretická výkonnost (Q<sub>t</sub>), tak rozpojovací schopnosti, reprezentované zejména měrnou rozpojovací silou F<sub>MR</sub>.

U rekonstruovaných rýpadel KU 800 se Q<sub>t</sub> zvýšila ze 4500 na 5500 m<sup>3</sup> s.z.h<sup>-1</sup> a F<sub>MR</sub> ze 120 na 130, příp. i 150 kN.m<sup>-1</sup>, a to hlavně při rekonstrukcích, realizovaných po roce 2000 [4]. Po tomto roce byly do provozu nově uvedeny dva již výše zmiňované velkstroje, a to:

- rýpadlo SchRs 1550, pro I. řez lomu Libouš, s měrnou rozpojovací silou F<sub>MR</sub> = 93 kN.m<sup>-1</sup>
- rýpadlo SchRs 1320, určené pro III. řez lomu Libouš.

**Tabulka č. 1 - Základní parametry uvedených rýpadel; zdroj:[18]**

Lom		VRSANY			BILINA		LIBOÚS	
Typ rýpadla		KU 811	KU 814	KU 818	KU 819	K 2000	KU 820	SchRs1320
Parametr	Měr.jedn.							
Průměr kola	m	13	13	12,6	12,6	13,17	12,5	12,5
Počet korečků	ks	15	16,8+8	15	15	15	26	26
Objem korečku	m³	1,0;1,3	1,0;3,0	1,0	1,0	1,3	0,57	0,57
Příkon pohonu kola	kW	2x800	2x800	2x800	2x800	2x1000	2X1000	2x1000
Obvodová rychlost kola	m.s <sup>-1</sup>	1,84-4,42	4,22	3,62	3,62	1,77-4,25 3,54	3,6	3,6
Počet výspý za minutu	n.min <sup>-1</sup>	40,5-97,5	99,2	82	82	37-89 74	143	143
Výkonnost dle výrobce	m³ sz.h <sup>-1</sup>	5300	5300	5500	5500	5500	5787	5500
Měrná rozpojovací síla (dle výrobce)	kN.m <sup>-1</sup>	150	150	130	130	až 168	164	157
Měrná rozpojovací síla (dle ČSN 277013) přepočten	kN.m <sup>-1</sup>	150	150	130	130	170	160	150
Obvodová rypná síla	kN	430	350	365 max900	365 max900	528-1250	500	500
Maximální výška řezu (teoretická)	m	32	32	32	32,0	35,0	32	30
Maximální hloubka řezu	m	6,0	6,0	6,0	6,0	4,0	6,0	4,0
Střední specifický tlak na podložku	MPa	0,13	0,13	0,136	0,136	0,125	0,13	0,13
Celková hmotnost rýpadla	t	4362	4330	4600	4600	5560	4300	4074
Rekonstrukce	rok	UN2007	bez rek.	2001	2002	2001	2004	2005

### 3.3 Rozpojovací orgán, tvar a řezná geometrie [3,6,14]

*Základní parametry rozpojovacího orgánu kolesových rýpadel KU 800.11, KU 800.14*

Koreček č. v. 0-02-01969/z se zuby č. v. 2673.

Materiálem zubu je ořezavzdorná ocel VP7 o následujícím chemickém složení:

C	....	0,32 %	Cu	....	0,00 %	V	....	0,20 %
Mn	....	1,60 %	Ni	....	0,00 %	W	....	0,00 %
Si	....	0,80 %	Mo	....	0,60 %	B	....	0,006 %
Cr	....	1,00 %	Zr	....	0,00 %			

Mez pevnosti oceli VP7 .... 1500 MPa.

Řezná geometrie čelní:

Úhel hřbetu ... 18 °      Úhel břitu ... 25 °      Úhel čela ... 47 °

**Tato geometrie je v závěrečném zpracování označena jako geometrie 1.**

Geometrie jednotlivých zubů na korečku jsou ovlivněny pozicí umístěním zubu na korečku a liší se v úhlu břitu a úhlu čela. Pro jednotlivé pozice jsou označeny 1-1 až 1-8 v souladu se zásadami uvedenými v odstavci „opotřebení břitu-zubu“.



**Obrázek č. 4 – Geometrie č. 1; zdroj: autor**



*Základní parametry rozpojovacího orgánu kolesových rýpadel KU 800.18, KU 800.19*

Koreček č. v. 000158-0000-0-Z2 s rohovými břity nebo koreček č. v. 000080-0001-0-Z5 s výměnnými rohovými břity. Jedná se o rohové břity s navařovanou ošetruvzdornou vrstvou materiálu o tloušťce  $9 \div 12$  mm.

Materiál navařované vrstvy: Corthal OA 78

Řezná geometrie čelní:\*

Úhel hřbetu ...  $18^\circ$       Úhel břitu ...  $47^\circ$       Úhel čela ...  $21^\circ$

\* hodnoty geometrie jsou přibližné, přesně je lze určit pouze na 3D modelu nebo reálném korečku.

**Tato geometrie je v závěrečném zpracování označena jako geometrie 2.**



**Obrázek č. 5 – Geometrie č. 2; zdroj: autor**

*Základní parametry rozpojovacího orgánu kolesových rýpadel KU800.20 a SchRs1320 4x30*

Koreček osazený zubovým systémem ESCO Super V se skládá z adaptéru, zubové korunky a zajišťovacího kolíku. Adaptér je navařený na bandáži korečku. Na adaptér se nasazuje zubová korunka typ V39VYH. Proti jejímu uvolnění slouží zajišťovací kolík.

Materiál zubu řešitele není znám.

Řezná geometrie čelní:

Úhel hřbetu... 12 °

Úhel břitu... 15 ° čelní 32 ° boční 62 ° fazeta

Úhel čela ... 55 °

**Tato geometrie je v závěrečném zpracování označena jako geometrie 3.**



**Obrázek č. 6 – Geometrie č. 3; zdroj: autor**

### *Základní parametry rozpojovacího orgánu kolesového rýpadla KU 800.20*

Zubový systém BAMPU je v disertační práci uveden pouze z důvodů uceleného předložení informací, neboť koncem roku 2007 byla provedena na velkostroji KU 800.20 výměna zubového systému BAMPU za systém se zuby ESCO a zatím se o jeho dalším nasazení neuvažuje, z těchto důvodů v závěrečném hodnocení není tento systém zubů řešen.

Na bandáži korečku jsou navařeny kapsy, do nichž se vkládají zuby. Kapsy vymezují polohu jednotlivých zubů. Každý zub je k bandáži přichycen dvěma šrouby – viz obr. č. 7. Přesná výroba dotykových ploch zubů s bandáží korečku je velmi důležitá pro dodržení stanovené geometrie zubu. Systém BAMPU umožňuje používat různé tvary zubů vzhledem k těžebním podmínkám a tím do jisté míry ovlivňovat rýpnou sílu, výkonnost stroje či vlastní opotřebení zubů.



**Obrázek č. 7 – Geometrie č. 4; zdroj: autor, [12]**

## 4 POJMY A ZPŮSOBY VÝPOČTU NEJDŮLEŽITĚJŠÍCH VELIČIN

### 4.1 Velikost příkonu pohonu kola a otoče v závislosti na těženém množství zeminy

Výkonnosti rýpadla se stanovují podle ČSN 27 7013 takto:

- teoretická výkonnost  $Q_{th}$  podle rozměrů odebírané třísky
- efektivní výkonnost v bloku  $Q$  podle zaměření bloku a času potřebného k jeho odtěžení
- provozní výkonnost  $Q_p$  na základě pásových vah na dispečinku.

Poslední varianta byla využívána při měření v rámci daného experimentálního úkolu.

### Měrná objemová energie – měrná energetická spotřeba

Mírou efektivnosti jakéhokoliv rozpojovacího procesu je spotřeba energie, vztažená obvykle na objemovou jednotku rozpojované horniny. Toto obecné hledisko je základním při energetickém hodnocení dobývacího procesu kolesových rýpadel, byť z něho není patrný celý komplex ovlivňujících faktorů [7].

*Obecný vztah pro měrnou objemovou energii je dán:*

$$w = \frac{P}{V_{tj}} \quad (1)$$

kde:  $w$  je měrná objemová energie rozpojování  $[J \cdot m^{-3}]$ ;

$P$  výkon přivedený na rozpojovací nástroj  $[W]$ ;

$V_{tj}$  objem horniny odebraný kolesem za čas  $[m^3 \cdot s^{-1}]$ .

### Teorie řezání

Dobývací operace představuje ortogonální – volné řezání. Ostří je kolmé na směr řezného pohybu. Řezná část zubu je břít, který je tvořen dvěma plochami (čelem, po kterém odchází dobývaný materiál a hřbetem), jejichž průsečnicí je ostří. Relativním pohybem zubu vůči dobývané hornině vzniká tříska. Tříska je závislá na dobývané hornině a řezných podmínkách (hloubka řezu, posuv, řezná rychlost). Při ortogonálním řezání leží rozpojovací síla  $F$  v rovině kolmé na ostří. Tato síla se rozkládá na rypnou sílu a třecí sílu [3].

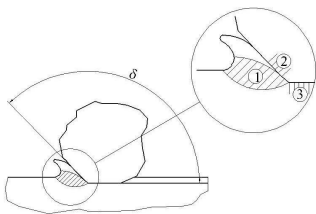


## Teplo a teplota

Dostí velká část příkonu na rozpojování horniny se transformuje na teplo. Přitom se zvyšuje teplota zubu, okolní prostředí a teplota třísky. Měření rozložení povrchových teplot břitů a zubů bude věnována samostatná kapitola.

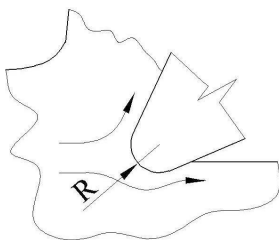
Hlavní zdroje tepla při tvorbě třísky jsou:

- oblast primární plastické deformace – oblast 1.
- oblast sekundární plastické deformace – oblast 2.
- oblast povrchové vrstvy plochy řezu – oblast 3.



**Obrázek č. 8** - Plastické deformace při tvorbě třísky; zdroj: [23]

Na obrázku č. 8 je znázorněno tečení materiálu v důsledku existujícího poloměru ostří. Část materiálu odchází pod břit zubu, a tím je dodatečně zatížena plocha hřbetu, která se plasticky deformuje, a tím se ohřívá povrchová vrstva plochy řezu a hřbetu.



**Obrázek č. 9** - Zaoblení břitu; zdroj: [24]

## 4.2 Opotřebení břitu, zubu

Na stanovení abrazivního opotřebení bylo vyvinuto mnoho metod, které simulují opotřebení dle ČSN 01 5050. Nejblíže simulaci opotřebení zubů kolesových rýpadel v kontaktu s horninou jsou následující dvě simulace.

Simulace s pryžovým kotoučem. Tato metoda spočívá v tom, že vzorek ve tvaru destičky se přitlačuje pomocí závaží přes pákový mechanismus k pryžovému kotouči. Mezi vzorek a pryžový kotouč se sype z násypky přes dávkovací trysku abrazivo, které po

průchodu pracovním prostorem propadává do nádoby. Tato metoda se dá dobře použít pro písky od 0,1 do 0,8 mm, ale pro velmi tvrdé horniny s vyšší kusovitostí není tato metoda vhodná.

Simulace s kovovým roubíkem. Spočívá ve zjišťování úbytku kovového roubíku při jeho pohybu po upraveném povrchu horniny.

Tímto způsobem je možné stanovit úbytek materiálu vzorku, ale nemá žádnou souvislost s úbytkem materiálu na zubech rýpadel. Doposud ještě nejsou známa žádná ukončená vědeckotechnická řešení, určená k měření, popisu a předběžnému výpočtu chování bříty v záběru in situ z hlediska opotřebení.



**Obrázek č. 10** – Porovnání nového a opotřebovaného zubu; zdroj: autor

**Opotřebení v rámci práce** je vyjadřováno jako procentuální podíl hmotnostního úbytku zubu (bříty) ke hmotnosti nového zubu, tedy

$$\Delta m_z = \left( 1 - \frac{m_{zo}}{m_{zn}} \right) 100$$

kde  $m_{zo}$  ..... hmotnost opotřebovaného zubu [kg]

$m_{zn}$  ..... hmotnost nového zubu [kg]

$\Delta m_z$  ..... opotřebení zubu [%]

Prakticky byl pro potřeby výzkumných prací tento způsob vyjadřování opotřebení realizován následujícím postupem – metodikou:

- a) Byl zvolen pro sledování jeden koreček na kolese, např. koreček č. 4.
- b) Bylo přijato označení pozice zubu na korečku pořadovým číslem ve směru zleva doprava při pohledu do korečku, tj. proti směru hrabání. Viz obr. č. 11.
- c) Při výměně zubu byl opotřebovaný zub odložen do připraveného kontejneru. Při tom byl opatřen označením pozice zubu a dnem výměny v týdnu.



**Obrázek č. 11** - Přehledné označení pozice zubů na korečku velkostrže KU 800/11 – K84;  
zdroj: autor

**Systém značení:**

		<u>3-S</u>	
kde		<u>..... pozice zubu na korečku</u>	<u>S ..... den v týdnu _ středa</u>
P	.....	pondělí	Pa ..... pátek
U	.....	úterý	So ..... sobota
S	.....	středa	N ..... neděle
C	.....	čtvrtek	

- d) Jednou v týdnu jsem odvezl uvedený kontejner na pracoviště VÚHU a. s. Most, kde jsem následně provedl:
  - proměření úbytků materiálu zubu vážením
  - fotografickou dokumentaci změny tvaru zubu
  - výpočet opotřebení.

Poté byla vyhodnocená várka opotřebovaných zubů navrácena provozovateli. Příklad fotografické dokumentace zubu 4. korečku rýpadla KU800.11 je dále na Obr. č. 12.

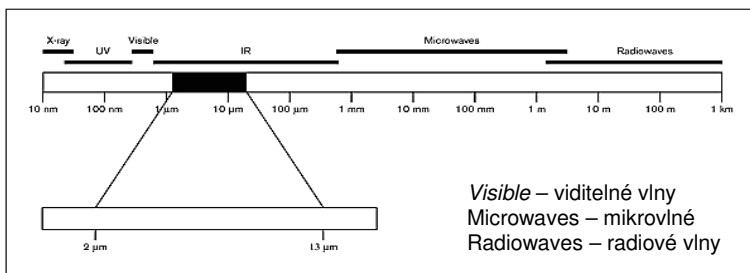


**Obrázek č. 12** - Příklad označení zubu umístěného v korečku a poté v laboratoři; zdroj: autor, [18]

#### 4.3 Tepelné zatížení břitů zubů získané pomocí termografie [17]

Termografie využívá vlnové pásmo infračerveného záření. Hranice, kde začíná pásmo krátkovlnného infračerveného záření, je tam, kde končí tzv. viditelné pásmo (tmavě červená). Hranice, kde končí pásmo dlouhovlnného infračerveného záření, je tam, kde začíná pásmo mikrovlnných délek, tj. v pásmu několika milimetrů vlnové délky.

Vlnové pásmo infračerveného záření je ještě často děleno do čtyř menších pásem, které mají (uměle) stanovené hranice. Jsou to: „near infrared – blízké infračervené“ (0,75 – 3  $\mu\text{m}$ ), „middle infrared – střední infračervené (3 – 6  $\mu\text{m}$ )“, „far infrared – vzdálené infračervené (6 – 15  $\mu\text{m}$ )“ a „extreme infrared – velmi vzdálené infračervené záření (15 – 100  $\mu\text{m}$ )“. Přestože jsou vlnové délky udávány v  $\mu\text{m}$  (mikrometry), používají se v tomto spektrálním pásmu i jiné jednotky například mikrony ( $\mu$ ), nanometry (nm) a Ångströmy (Å).



**Obrázek č. 13** – Elektromagnetické spektrum; zdroj: [17]

## Planckův zákon

Max Planck popsal intenzitu spektrálního vyzařování pomocí následujícího vzorce :

$$W_{\lambda_b} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 (e^{hc/\lambda kT} - 1)} * 10^{-6} [Wm^{-2} \mu m]$$

kde :

$W_{\lambda_b}$  = spektrální hustota intenzity vyzařování černého tělesa při vlnové délce  $\lambda$

$c$  = rychlost světla =  $3 \times 10^8$  [m s<sup>-1</sup>]

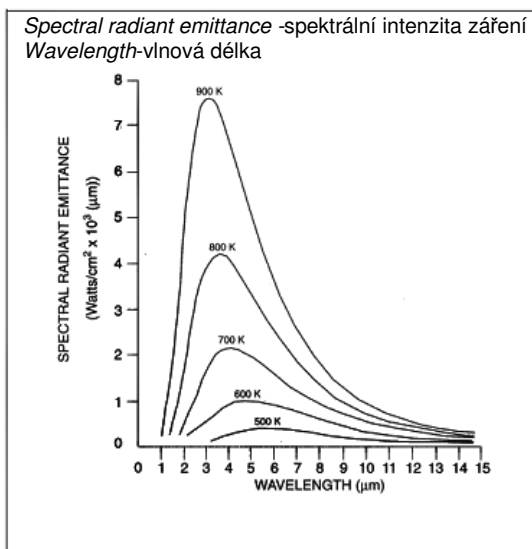
$h$  = Planckova konstanta =  $6,6 \times 10^{-34}$  [J s]

$k$  = Boltzmannova konstanta =  $1,4 \times 10^{-23}$  [J K<sup>-1</sup>]

$T$  = absolutní teplota [K] černého tělesa

$\lambda$  = vlnová délka [m]

Znázorníme-li graficky Planckův zákon ( rovnici ), dostaneme soustavu křivek. Při vyšetřování kterékoliv z takto získaných křivek zjistíme, že při  $\lambda = 0$  je spektrální hustota vyzařování rovna nule. Se zvyšující se vlnovou délkou křivka prudce stoupá až dosáhne maxima v  $\lambda_{\max}$  a poté se začíná při velkých hodnotách vlnových délek opět přibližovat nule. Čím je teplota tělesa vyšší, tím kratší je vlnová délka, při které dojde k dosažení maxima.



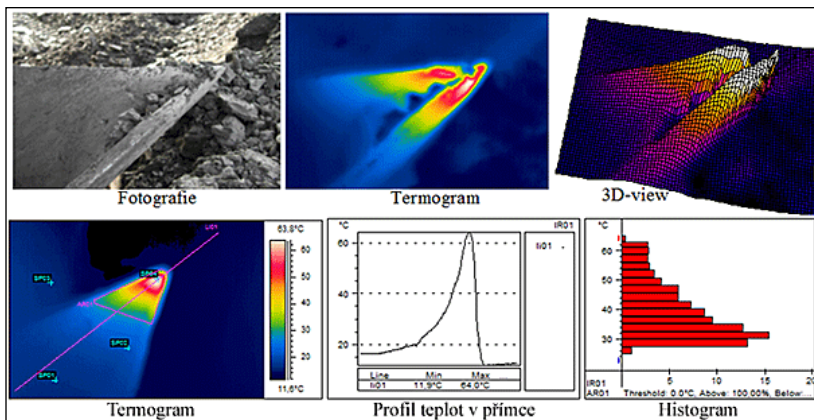
Obrázek č. 14 – Intenzita spektrálního vyzařování černého tělesa; zdroj: [17]

Termovizní aparatura měří a zobrazuje objektem vyzařované infračervené záření. Fakt, že radiace – vyzařování je funkcí povrchové teploty objektu, umožňuje kameře tuto teplotu vypočítat a zobrazit.

Nicméně radiace měřená termovizní kamerou nezávisí pouze na teplotě objektu, ale je také funkcí emisivity. Radiace rovněž vzniká v okolním prostředí (měřeného objektu) a je objektem odrážena. Radiace objektu a odražená radiace jsou také ovlivněny pohlcováním při jejich průchodu atmosférou.

Aby byla přesně změřena (vypočtena) povrchová teplota objektu, je nezbytná kompenzace efektů různých zdrojů radiace. Toto je automaticky prováděno moderní termovizní aparaturou, nicméně je nutné v kameře zadat (nastavit) další parametry objektu :

- emisivita objektu
- teplota okolí
- vzdálenost mezi objektem a kamerou
- relativní vlhkost okolí



**Obrázek č. 15** – Analýza termogramu povrchové teploty zubu korečku; zdroj: autor

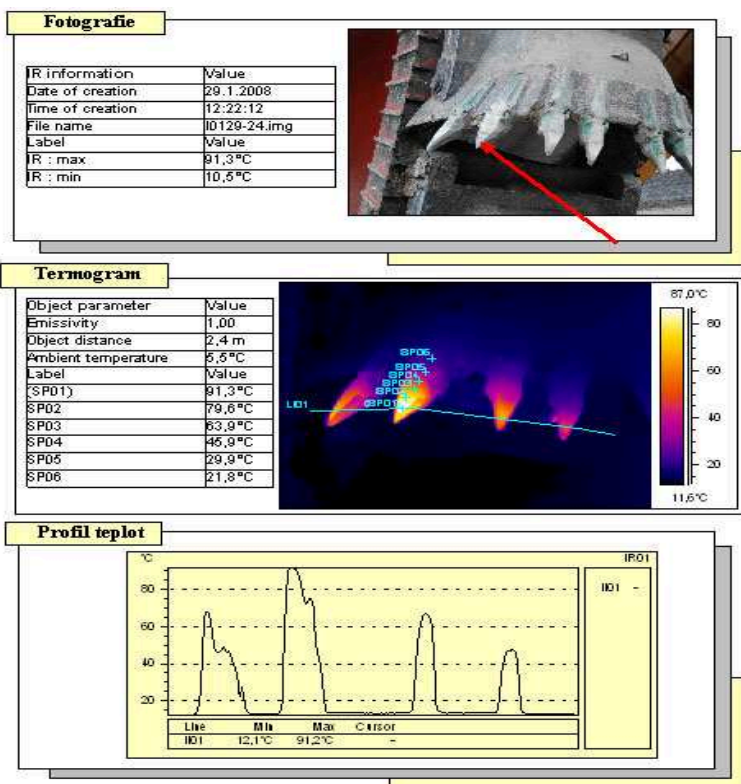
Nicméně ke zjištění základních zákonitostí souvisejících s hodnotami povrchové teploty zubů korečků a jejich rozložením na povrchu je nutné sledovat mnoho dalších veličin a údajů, které mohou být nepřímo ovlivňovat samotné tepelné zatížení zubů rozpojovacích orgánů. Mezi tyto údaje, které bude nezbytné získat při každém termovizním měření, bezesporu patří na jedné straně fyzikálně-mechanické a technologické vlastnosti

dobývaného materiálu a na straně druhé vybrané vlastnosti dobývacího stroje spolu s konkrétními podmínkami dobývání.

### Zjištění počátečního tepelného stavu zubu korečku

Pro zjištění velikosti oteplení zubů korečků na aktuální provozní teplotu je nutné před každým vlastním měřením zjistit počáteční stav, tedy počáteční povrchovou teplotu zubů před jejich uvedením do procesu skrývání nadloží.

Celá stěna zubu v termogramu je ohraničena křivkou tvořící plochu, ze které je vytvořen histogram s procentuálním zastoupením teplot v dané ploše a ze které je následně vypočtena průměrná teplota.



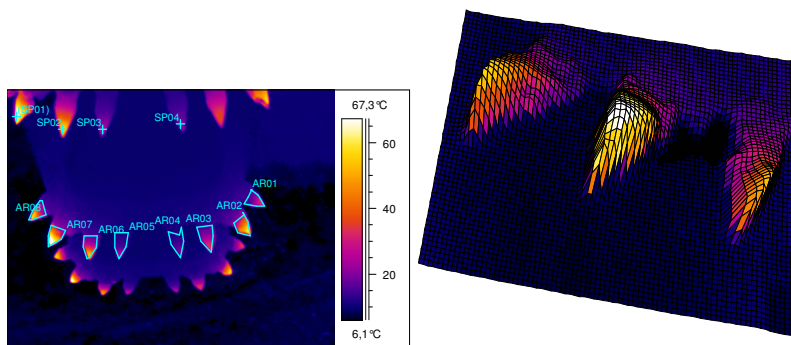
Obrázek č. 16 - Analýza termogramu - provozní teploty zubů; zdroj: autor

## Měření provozní teploty zubů

Vlastní termovizní měření je prováděno po cca 30 minutách od začátku těžby kolesového rýpadla, kdy je důkladně vyhotoven termovizní záznam aktuálního provozního tepelného stavu zubů korečků ze třech různých míst.

## Vyhodnocení termogramů a určení průměrné a maximální teploty

Vypočtení průměrné a maximální teploty zubů v jednotlivých pozicích je prováděno z analýzy pořízených termogramů a z nich vytvořených histogramů.



**Obrázek č. 17 – Termogram** - analýza povrchové teploty zubů; zdroj: autor

Vytvořením samostatných ploch v termogramu, které kopírují hranice stěn jednotlivých zubů korečků, je možné pomocí histogramů provést výpočet průměrné a maximální teploty potřebné pro zjištění provozního oteplení každého zubu v korečku dobývacích orgánů kolesových rýpadel.

**Tabulka č. 2 – Vypočtené hodnoty teplot; zdroj: autor**

Label	Value	Label	Value	Label	Value	Label	Value
AR01 : max	32,9°C	AR01 : max-min	21,2°C	AR01 : avg	21,0°C	AR01: stdev	5,3°C
AR02 : max	60,4°C	AR02 : max-min	47,0°C	AR02 : avg	37,6°C	AR02: stdev	11,0°C
AR03 : max	33,4°C	AR03 : max-min	20,9°C	AR03 : avg	21,6°C	AR03: stdev	5,5°C
AR04 : max	19,6°C	AR04 : max-min	8,9°C	AR04 : avg	14,1°C	AR04: stdev	1,9°C
AR05 : max	26,2°C	AR05 : max-min	14,7°C	AR05 : avg	15,0°C	AR05: stdev	3,4°C
AR06 : max	54,2°C	AR06 : max-min	39,0°C	AR06 : avg	27,8°C	AR06: stdev	10,1°C
AR07 : max	73,8°C	AR07 : max-min	66,6°C	AR07 : avg	41,1°C	AR07: stdev	15,1°C
AR08 : max	56,9°C	AR08 : max-min	48,8°C	AR08 : avg	31,1°C	AR08: stdev	11,7°C

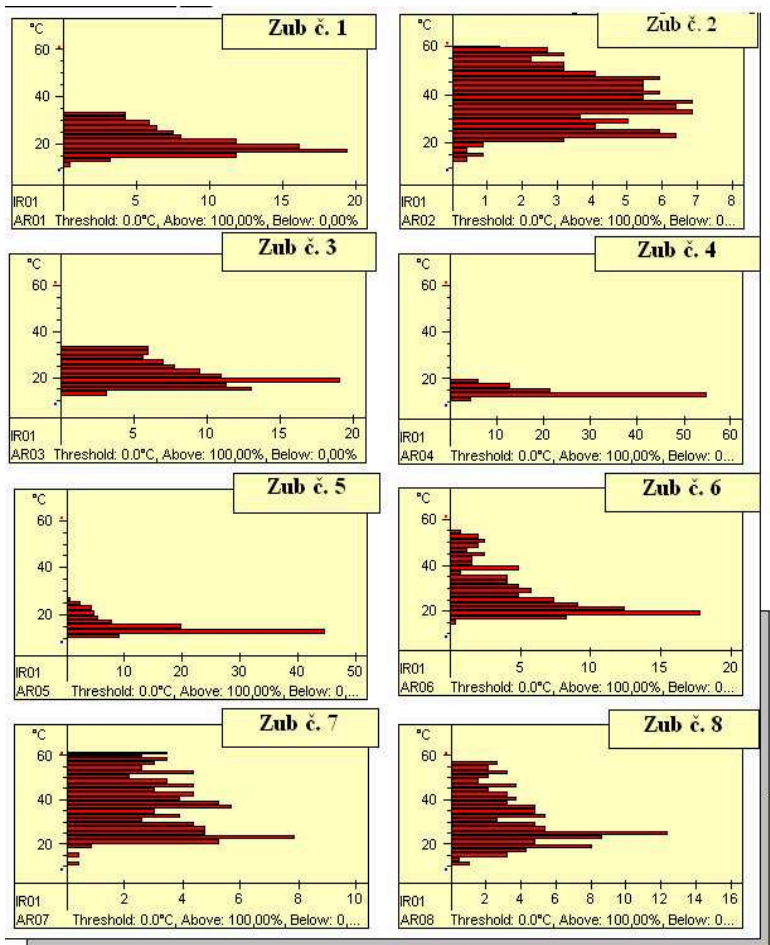


V prvním sloupci tabulky č. 2 jsou maximální naměřené povrchové teploty pro jednotlivé zuby sledovaného korečku.

Ve druhém sloupci tabulky č. 2 jsou uvedeny rozdíly mezi maximální a minimální naměřenou povrchovou teplotou zubů.

Ve třetím sloupci tabulky č. 2 jsou průměrné teploty jednotlivých vymezených ploch v termogramu.

Ve čtvrtém sloupci tabulky č. 2 jsou vypočteny směrodatné odchylky povrchových teplot.



Obrázek č. 18 - Ukázka histogramů; zdroj: autor

Histogramy uvedené na obr. č. 18 ukazují rozložení povrchové teploty resp. procentuální zastoupení povrchové teploty na jednotlivých zubech umístěných v měřeném korečku.

#### **4.4 Laboratorní analýza vzorků hornin**

Současně s termovizním měřením jsem zajistil odběr vzorků dobývané horniny pro potřeby laboratorní analýzy. Ta byla prováděna v akreditované laboratoři č. 1078 – Laboratoř testování hornin VÚHU a. s. Most. Z jejích výsledků byl stanoven index JKS, případně třída dobytelnosti horniny.

##### ***Požadované testy:***

- Popis vzorku
- Pevnost v prostém tlaku
- Fyzikální vlastnosti
  - Vlhkost
  - Objemová hmotnost
  - Zdánlivá hustota
  - Stupeň nasycení
  - Odpor v penetraci
- Chemicko-petrografické zkoušky podle IMP 4, 5, 6, 7,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{FeCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ , organické látky
- Třída dobytelnosti

V případech, kdy jsem nebyl schopen z jakéhokoliv důvodu odebrat vzorek, byl index JKS stanoven na základě údajů o třídě JKS z báňsko-geologického modelu těžební společnosti prostým součtem procentuálního podílu jednotlivých tříd JKS v dobývaném řezu, resp. prostým součtem procentuálního podílu středních hodnot indexu JKS příslušného jednotlivým třídám. Přiřazení indexu JKS třídám JKS viz dále tabulka tab. 3.

Data z báňsko-geologického modelu těžební společnosti jsou uvedeny v příloze práce. Jako příklad je v příloze práce uveden protokol o zkouškách č. 109/2008/LTH.

### **Jednotná klasifikace sedimentů (JKS)**

Jednotná klasifikace sedimentů byla vytvořena v rámci řešení výzkumných úkolů VÚHU a.s. Most ve 2. polovině 80. let. Jejím cílem bylo zařadit libovolný sedimentární vzorek Severočeské hnědouhelné pánve do příslušné třídy rozpojitelnosti a tak maximálně objektivizovat dobývací podmínky skrývkových hornin na lokalitách Severočeské hnědouhelné pánve.

Podstatou jednotné klasifikace sedimentů je úvaha, že sedimenty podobných vlastností, ovlivňující rozpojovací proces, musí být zařazovány do stejné třídy. Pro zařazení do třídy JKS jsou rozhodující tyto jeho vlastnosti:

- obsah jílových minerálů [%]
- obsah karbonátů [%]
- pevnost v prostém tlaku [MPa]
- odpor v penetraci [ $\text{N.cm}^{-1}$ ]
- objemová hmotnost [ $\text{g.cm}^{-3}$ ]
- objemová vlhkost [%]

Každé z uvedených vlastností je podle její kvantifikace přiznáván dílčí index JKS. Souhrnný index JKS je pak vyhodnocován běžnými statistickými metodami. Zatřídění sedimentů do tříd JKS na základě vypočtených indexů je následující:

**Tabulka č. 3 - Zatřídění sedimentů do tříd JKS; zdroj: [11]**

<b>Třída JKS</b>	<b>Index JKS</b>
A	< 95,0
B	95,1 – 100,0
C	100,1 – 110,0
D	110,1 – 125,0
E	> 125,1

Petrografické rozbory a testování fyzikálně-mechanických vlastností jsou prováděny na základě interních metodických pokynů státem akreditované zkušební laboratoře č.1078-VÚHU a.s. Most.

## 5 EXPERIMENTÁLNÍ PRÁCE A MĚŘENÍ

Příprava disertační práce, jakož i její vypracování byly vyvolány požadavkem ze strany provozovatelů hnědouhelných lomů vytvořit jednoduchou a v praxi ověřitelnou metodu, která by vedla ke snížení ekonomické náročnosti na provozování řezných orgánů kolesových rýpadel a snížení energetické náročnosti rozpojovacího procesu.

V rámci experimentálních prací se doposud podařilo realizovat celkem 16 krátkodobých měření a 3 dlouhodobá měření. Tato měření pokrývají celkem čtyři různé geometrie břitů a geologické podmínky, v nichž se měření prováděla. Jsou zpracovány údaje z let 2007 ÷ 2011. Soupis provedených měření je stručně shrnut v následující tabulce.

**Tabulka č. 4 - Soupis provedených měření; zdroj: autor**

<b>rýpadlo</b>	<b>zub-břit</b>	<b>datum měření</b>	<b>poznámka</b>
KU800.11/K84	zuby	17.4.2008	dlouhodobé sledování
	zuby	18.4.2008	
	zuby	23.4.2008	
	zuby	8.4.2009	dlouhodobé sledování
	zuby	4.5.2009	
	zuby	19.8.2009	
	zuby	9.9.2009	
KU800.14/K92	zuby	7.4.2009	dlouhodobé sledování
	zuby	16.4.2009	
	zuby	19.4.2009	
	zuby	6.5.2009	
	zuby	3.7.2009	
	zuby	29.7.2009	
	zuby	19.8.2009	
KU800.18/K99	břity	13.7.2009	
		9.2.2009	
KU800.19/K98	břity	9.2.2009	
KU800.20	zuby	9.10.2007	
	zuby	3.1.2008	
	zuby	9.1.2008	
	zuby	29.1.2008	
	zuby	6.3.2008	
	zuby	15.6.2009	
SchRs1320	zuby	4.8.2009	komplexní měření
	zuby	1.9.2008	
		4.11.2008	

Uvedená měření byla prováděna na základě požadavků provozovatelů velkostrojů, přičemž byla součástí výkonových zkoušek či komplexních měření. Veškerá měření povrchových teplot zubů a břitů při těchto zkouškách jsem prováděl osobně. Při měření všech dalších parametrů jsem byl vždy členem měřícího týmu.

## **5.1 Stručný popis měření, jejichž výsledků bylo využito pro potřeby práce**

### ***Dlouhodobé měření na rýpadle KU 800.11/K84 v roce 2008***

Dlouhodobé měření na velkostroji KU 800.11/K84 bylo zahájeno komplexním měřením na základě požadavku Vršanské uhelné a. s. ve dnech 17. 4. a 18. 4. 2008. Velkostroj KU 800.11/K84 v době měření dobýval nadložní sedimenty skrývkového řezu. Dobývaný blok o výšce cca 20 m byl dobýván čtyřlávkovou technologií. V celém svém profilu byl tvořen šedohnědými jílovcovitými materiály se slabou karbonatickou příměsí, které byly prostoupeny uloženými písčitými sedimenty [16]. Měření se provádělo s kolesem osazeným 15-ti korečkami s upravenými zuby při obvodové rychlosti kola  $3,01 \text{ m.s}^{-1}$ , tj.  $69 \text{ výspů min}^{-1}$ . Množství odtěžené zeminy v jednotlivých lávkách bylo získáno na základě hodnot získaných z provozních pásových vah umístěných na kolesovém výložníku velkostroje. Dobývaný materiál nevykazoval žádnou výraznou kusovitost. Měření bylo zahájeno 17. 4. 2008 těžbou spodní 4.lávky ve 7:30 hod. Po vytěžení 4. lávky následovala výměna zubů, která byla dokončena v 10:10 hod a poté následovalo kráčení a příprava na těžbu 1. lávky. Komplexní měření bylo ukončeno následující den, a to 18. 4. 2008. Dále následovalo měření výkonnosti, spotřeby energie a oteplení zubů rozpojovacího orgánu až do 23. 4. 2008, kdy bylo ukončeno [8].

### ***Dlouhodobé měření na rýpadle KU 800.11/K84 v roce 2009***

Dlouhodobé měření na velkostroji KU 800.11/K84 bylo zahájeno dne 8. 4. a ukončeno 9. 9. 2009. Hodnoty sledovaných veličin – výkonnost, spotřeba energie, čas těžby, třída dobytelnosti horniny podle JKS – byly získávány z informačního systému provozovatele rýpadla. Měření provozního oteplení zubů bylo prováděno pomocí termovizní kamery v předem stanovených termínech. Měření opotřebení bylo prováděno vždy při výměnách zubů. Metodiky měření oteplení zubů-břitů a měření jejich opotřebení jsou uvedeny v disertační práci [18].

### ***Dlouhodobé měření na rýpadle KU 800.14/K92 v roce 2009***

Dlouhodobé měření na velkostroji KU 800.14/K92 bylo zahájeno dne 7. 4. a ukončeno 9. 9. 2009. Hodnoty sledovaných veličin – výkonnost, spotřeba energie, čas těžby, třída obyvatelnosti horniny podle JKS – byly získávány z informačního systému provozovatele rýpadla. Měření provozního oteplení zubů bylo prováděno pomocí termovizní

kamery v předem stanovených termínech. Měření opotřebení bylo prováděno vždy při výměnách zubů [18].

#### ***Měření na rýpadle KU 800.20/K106 dne 29. 1. 2008***

V průběhu měsíce prosince 2007 byla provedena rekonstrukce a výměna korečků kola osazených zuby BAMPU za korečky osazené systémem ESCO Super V51. Celé koleso bylo osazeno zuby s korunkami typu V39VYH. Vlastní těžba byla zahájena 3. 1. 2008 ve smíšeném řezu. Část řezu tvořila vybíhající uhelná sloj, zbytek byl zastoupen prachovitými kaolinitickými jílovci. 29. 1. 2008 bylo provedeno komplexní měření výkonnosti a rypných odporů nepřímou metodou dle metodiky VÚHU a. s. Most [9]. Součástí tohoto měření byly rovněž veličiny nutné pro řešení vlastní disertační práce. Měření bylo také doplněno termovizním měřením oteplení zubů.

#### ***Měření na rýpadle KU 800.20/K106 dne 6. 3. 2008***

Měření na stroji s opotřebenými zuby bylo provedeno dne 6. 3. 2008 za obdobných báňsko – geologických podmínek a stejným způsobem jako měření dne 29. 1. 2008.

V době prováděného měření rýpadlo skrývalo prachovité kaolinitické jílovce. Výška dobývané lávky byla cca 6 m. Z měřené lávky byly odebrány dva vzorky skrývaného materiálu za účelem provedení laboratorního testování [18].

#### ***Měření na rýpadle SchRs 1320 dne 1. 9. 2008***

Měření se provádělo v rámci výkonové zkoušky, která započala dne 31. 8. 2008 v 9:12 hodin a byla ukončena dne 3. 9. 2008 v 8:21 hodin [10].

Detailní popis tohoto měření je obsažen v disertační práci jako příklad komplexního měření.

## 6 METODIKA MĚŘENÍ OTEPLENÍ ZUBU – BŘITU POMOCÍ TERMORIZNÍ KAMERY

V rámci řešení disertační práce jsem zpracoval metodický předpis pro měření povrchových teplot zubů korečků dobývacích strojů prováděných in situ. Dále je uveden stručný výtah z tohoto předpisu.

Termovizní měření se provádí za účelem zjištění:

- aktuální hodnoty teploty povrchu zubů korečků
- prostorového rozložení teploty na povrchu zubů dobývacích orgánů
- procentuálního zastoupení teplot ve vybraných plochách na povrchu zubů
- tepelného zatížení zubu korečku.

### *Příprava měření*

Termovizní měřicí aparatura pracuje na principu detekce infračerveného záření. Jeho intenzitu ovlivňuje emisivita povrchu měřeného zářiče a její hodnotu je před každým termovizním měřením nutné v kameře zadat. Emisivita se může podle vlastností povrchu tělesa pohybovat v rozmezí od 0 do 1.

Pro správné určení emisivity povrchu zubů korečků se vybere před každým termovizním měřením dílčí zkušební vzorek, jehož teplota se změří kontaktním teploměrem, a po dosažení hodnot teploty okolí a vzdálenosti do kamery se tento vzorek změří termokamerou. Upravováním hodnoty emisivity se kamera zkalibruje na správnou teplotu změřenou kontaktním teploměrem. Takto je možno kalibrovat kameru pro jednotlivé dílčí zkušební vzorky.

Před každým měřením je nutné v kameře kromě *emisivity* nastavit:

- *teplotu okolí* – měřena kalibrovaným digitálním bezkontaktním teploměrem
- *vzdálenost mezi měřeným objektem a objektivem kamery* - tohoto parametru se používá pro korekci vlivu způsobeného skutečností, že radiace objektu je částečně pohlcována v atmosféře, která je mezi objektem a kamerou, a že přenos v atmosféře klesá se vzdáleností. Měřena kalibrovaným digitálním dálkoměrem.

### 6.1 Podmínky měření

1) Vzhledem k tomu, že termovizní měření povrchové teploty zubů probíhá ve vnějším prostředí ovlivněném mnoha okrajovými vlivy, je nutné pro zajištění spolehlivějších

výsledků provést vlastní termovizní měření takovým způsobem, aby bylo co nejméně závislé na venkovních klimatických podmínkách, tzn:

- při měření nesmí být snímáný povrch zubů korečků vystaven působení slunečního záření
- během termovizního měření nesmí rychlost větru překročit hranici  $3 \text{ m.s}^{-1}$
- během měřicího cyklu se teplota okolního vzduchu nesmí změnit o více než  $2^\circ\text{C}$
- při snímání povrchové teploty zubů korečků dobývacích strojů nesmí teplota okolního vzduchu klesnout pod  $-5^\circ\text{C}$
- před měřením ani během měření nesmí být povrch zubů korečků vystaven atmosférickým srážkám
- pro správné změření povrchové teploty nesmí být pro termovizní kameru snižena viditelnost způsobená hustou mlhou, deštěm, sněhem atd. v důsledku pohlcení infračerveného záření.

2) Vlastní termovizní měření je možné provést za těchto podmínek:

- nutno zajistit volný výhled kamery na snímáné zuby korečků
- možnost přiblížení kamery k objektu na takovou vzdálenost, aby bylo možné dostatečně detailně zobrazit sledované místo na obrazovce monitoru a později na termogramu rozpoznat od pozadí
- vlastní povrchy zubů korečků nesmí být ovlivňovány dotací tepelného záření ze zdrojů tepla umístěných v jejich okolí
- experimentálními měřeními byla stanovena minimální doba 30 minut nepřetržitého chodu stroje (korečků v záběru) pro dostatečné oteplení zubů korečků na provozní teplotu.

## 6.2 Vlastní měření

Ke zjištění základních zákonitostí souvisejících s hodnotami povrchové teploty zubů korečků a jejich rozložením na povrchu zubu je nutné pro účely komplexního přístupu řešení výzkumné práce sledovat mnoho dalších veličin a údajů, které mohou být nepřímo ovlivňovat samotné tepelné zatížení zubů rozpojovacích orgánů. Mezi tyto údaje, které je nezbytné získat při každém termovizním měření, bezesporu patří na jedné straně fyzikálně-mechanické a technologické vlastnosti dobývaného materiálu a na straně druhé vybrané vlastnosti dobývacího stroje spolu s konkrétními podmínkami dobývání.



### 6.3 Vyhodnocení měření

Pro správné vyhodnocování termogramů jsem vytvořil přehledné formuláře, do kterých mohou být zapsány veškeré potřebné údaje pro správné vyhodnocení povrchové teploty měřeného zubu korečku. Každému termogramu přísluší jeden formulář. V přehledech jsou uvedeny tyto údaje:

- Název termogramu, objekt měření (druh, číslo rýpadla), místo měření (bližší určení měřené části) a datum měření.
- Vybraný termogram, který nejlépe vystihuje dané tepelné vlastnosti měřené části zubů korečků dobývacího orgánu se stupnicí teplot v pravé části tohoto termogramu.
- Fotografie pro snadnější identifikaci měřené oblasti objektu.
- Nastavené parametry objektu - Object distance, Ambient temperature, Emisivity
- Profil teplot v dané rovině - Graf křivky teplot přímky protínající termograms maximální, minimální teplotou a standardní odchylkou
- Histogram vybrané plochy libovolného tvaru - Graf procentuálního zastoupení teplot v dané ploše s maximální, minimální, průměrnou teplotou a standardní odchylkou
- Teplota v daném bodě - SPO 1 a SPO 2 (možno nastavit až 40 bodů).

Při termovizním měření povrchové teploty zubů korečku je nutno posuzovat pouze tu část korečku, která se aktivně podílí na rozpojovacím procesu.

Uvedenou metodiku jsem vytvořil pro potřeby výzkumného úkolu disertační práce. Metodiku je možno použít i pro běžná provozní měření. Stanovení nejistot měření jsou součástí disertační práce.



Obrázek č. 19 – Termogram břitů korečku kolesového rýpadla; zdroj: autor

## 7. ANALÝZA DAT

### 7.1 Exploratorní statistika

Vzhledem ke složitému, pracnému, finančně a časově náročnému získávání potřebných dat in situ nebylo možné provádět kontinuální měření všech sledovaných parametrů, a to od doby, kdy byly nasazeny nové zuby do korečku, až po dobu, kdy byly z korečku sejmuty pro své opotřebení. Z technických a ekonomických důvodů také nebylo možno osadit jedno koleso různými zuby popř. bříty, což by samozřejmě podstatně zjednodušilo sledování teplotního obrazu zubů korečků kola eliminací značného množství vlivů, které ovlivňují samotný proces rozpojování. Z těchto důvodů je na získaný výběrový soubor informací a dat nahlíženo jako na tzv. náhodný výběr, kdy pomocí statistických metod dokážeme popsat celou situaci sledovaných dějů na základě poznatků z výběru.

Exploratorní neboli popisná statistika bývá prvním krokem k odhalení důležitých informací skrytých ve velkém množství proměnných a jejich variant. To znamená, že pomocí exploratorní statistiky jsem uspořádal proměnné resp. naměřená data do názornější formy, což umožňuje jejich popis několika málo hodnotami, které by obsahovaly co největší množství informací obsažených v původním souboru – viz tabulka č. 5. Rozsáhlou databázi naměřených dat a informací, která je součástí přílohy disertační práce, bylo nutno pro další statistické zpracování roztrdit podle logických hledisek (dle pozice zubů v korečku, dle opotřebení, dle JKS atd.) a provést identifikaci odlehlých pozorování, jak je patrné z tabulky č. 6.

### 7.2 Testování hypotéz

Pomocí statistické indukce lze učinit závěry o nějakém souboru dat na základě výběru z tohoto souboru. V této kapitole jsem používal testy, s jejichž pomocí je možno potvrdit nebo vyvrátit nějakou hypotézu o testovaném výběrovém souboru dat.

Na základě výsledku pokusů je možno například přijmout nebo zamítnout názor, že  $\theta$  má nějakou konkrétní hodnotu  $\theta_0$ . V jiných situacích nás zase může zajímat, zda platí či neplatí naše hypotéza o tom, že daný soubor dat pochází z nějakého konkrétního rozdělení. Postupy, které vedou k podobným rozhodnutím, se nazývají **testy významnosti**.

Vlastnímu statistickému zpracování rozsáhlé databáze zjištěných a naměřených dat je věnována značná část disertační práce.

**Tabulka č. 5 – Exploratorní analýza; zdroj: autor**

Exploratorní (popisná) analýza proměnných																								
	max. min. srdce			max. min. srdce			max. min. srdce			max. min. srdce			max. min. srdce			max. min. srdce			max. min. srdce			max. min. srdce		
Počet dat:	7			11			13			8			10			10			9			7		
Arithmetický průměr $\bar{x}$	29,9	23,0	3,9	60,2	43,2	27,9	78	66	4,4	47	38	19	42	34	15	79	65	45	67	55	33	30	25	3,1
Modus $\hat{x}$	32	24	4	57		27	73		5,4			12	36		12			30						4
Medián $x_{0,5}$	31	24	4	57	45	27	78	64	4,1	44	34	14	38	32	12	78	63	42	67	54	28	29	24	4
Výběrový rozptyl $s^2$	6,5	4,2	2,5	168	164	21,0	147	126	14,4	127	88	112	154	101	135	174	164	197	145	215	236	26	9	1,5
Výběrová směrodatná odchylka $s$	2,5	2	1,6	13	13	14	12	11	12	11	9,4	11	12	10	12	13	14	14	12	15	15	5,1	3	1,2
Variční koeficient $V_s$	0,1	0,1	0,4	0,2	0,3	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,6	0,3	0,3	0,6	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,5	0,2	0,1	0,4
Výběrová šikmost (skewness)	-1	1,3	1,4	1	1,8	2,1	-0	0,3	0,7	-0,8	1,2	1,4	2,1	2,5	2,3	0,1	0,3	0,7	0,3	0,9	1,4	1	0,7	-1

**Tabulka č. 6 – Ukázka setříděných dat dle pozice zubu v korečku rýpadla; zdroj: autor**

#### Setřídění proměnných

Naměřené povrchové teploty zubů třídné dle pozice v korečku dobývacího orgánu kolesových rýpadel v intervalu 1 až 8

Pozice zubu	1			2			3			4			5			6			7			8		
	max.	prům.	nárůst	max.	prům.	nárůst	max.	prům.	nárůst	max.	prům.	nárůst	max.	prům.	nárůst	max.	prům.	nárůst	max.	prům.	nárůst	max.	prům.	nárůst
✓	25	23	2	42	32	10	57	52	34	32	29	12	30	29	11	59	49	31	53	44	26	25	23	1
✓	28	23	3	46	37	16	58	49	30	39	30	13	31	24	4	65	57	30	54	38	16	27	22	4
✓	29	24	4	53	45	28	73	59	43	41	34	16	38	31	14	69	53	30	56	48	29	28	25	3
✓	31	27	3	56	44	24	73	60	39	43	37	12	38	30	12	70	53	37	58	42	24	29	24	4
✓	32	25	4	57	45	27	76	64	37	45	34	13	38	30	6	76	55	38	67	56	28	29	22	4
✓	32	24	4	57	45	22	77	59	29	47	32	15	39	32	18	79	68	46	72	57	38	36	28	2
✓	32	29	7	58	46	27	78	61	40	63	50	34	40	33	7	88	74	46	76	54	21	39	29	4
✓				63	50	30	79	65	47	46	37	17	89	78	55				81	76	46			
✓				66	49	23	83	69	41	47	33	12	96	82	62									
✓				74	56	33	85	77	54	74	61	45	97	85	70									
✓				89	82	67	90	76	54															
✓							92	83	68															
✓							99	84	62															

#### Identifikace odlehlých pozorování (outliers)

Za odlehlé pozorování lze považovat takovou hodnotu  $x_i$ , jejíž hodnota mediánové souřadnice je větší než 3

42	-1,4	30	-1,0
46	-1,1	31	-0,9
53	-0,6	38	-0,3
56	-0,3	38	-0,3
57	-0,2	38	-0,3
57	-0,2	39	-0,3
58	-0,2	40	-0,2
63	0,2	46	0,3
66	0,4	47	0,4
74	1,1	74	2,6
89	2,2		

Absolutní hodnota mediánové souřadnice nepřekročila v žádném případě hodnotu 3

### 7.3 Souhrn dílčích závěrů z provedené analýzy

Na základě provedené analýzy a testovaných hypotéz souboru rozsáhlé databáze je možno přijmout následující závěry pro geometrii č. 1:

- Energetická náročnost procesu se pohybovala od 0,395 kWh.m<sup>-3</sup> do 0,890 kWh.m<sup>-3</sup>. Průměrná energetická náročnost procesu je 0,6398 kWh.m<sup>-3</sup>.
- Oteplení břitů se pohybovala od 1,0 °C do 70,0 °C. Průměrné oteplení břitů je 26,3 °C.
- Opotřeбенí břitů se pohybovalo od 1,3 do 23,3 %. Průměrné opotřeбенí břitů je 9,6 %.
- Na hladině významnosti 95% se prokázalo, že pozice zubu ovlivňuje statisticky významně energetickou náročnost procesu (p-value = 0,757).
- Energetická náročnost procesů probíhajících v geologických podmínkách hodnocených indexem JKS statisticky významně závisí na těchto podmínkách. Korelace mezi energetickou náročností procesu a JKS indexem je statisticky nevýznamná.

		Energetická náročnost [kWh/m <sup>3</sup> ]	JKS - index
Pearson Correlation	Energetická náročnost [kWh.m <sup>-3</sup> ]	1	0,057
	JKS - index	0,057	1
Sig. (1-tailed)	Energetická náročnost [kWh.m <sup>-3</sup> ]	.	0,313
	JKS - index	0,313	.

- Mezi energetickou náročností a oteplením břitu byla zjištěna statisticky významná pozitivní korelace.

		Energetická náročnost [kWh/m <sup>3</sup> ]	Oteplení [°C]
Pearson Correlation	Energetická náročnost [kWh.m <sup>-3</sup> ]	1	0,234
	Oteplení [°C]	0,234	1
Sig. (1-tailed)	Energetická náročnost [kWh.m <sup>-3</sup> ]	.	0,022
	Oteplení [°C]	0,022	.

- Post Hoc analýza ukázala, že pozice zubů lze podle oteplení břitů rozdělit do čtyř srovnatelných skupin. Nejnižší oteplení je identifikováno pro geometrii břitů resp. pozici zubu v korečku dobývacího orgánu kolesového rýpadla označenou 1-1 a 1-8. Druhou skupinu tvoří geometrie břitů resp. pozici zubu 1-2 a 1-7. Třetí skupinu v pořadí tvoří geometrie břitů s označením 1-4 a 1-5. Nejvyšší oteplení vykazují zuby v pozici 1-3 a 1-6. V rámci těchto skupin lze mediány oteplení zubů považovat za shodné.
- Korelační koeficient mezi oteplením břitů a indexem JKS je 0,461. Tato hodnota odpovídá středně pozitivní korelaci, která byla vyhodnocena jako statisticky významná.
- Na hladině významnosti 95% se prokázalo, že pozice břitů ovlivňuje jejich opotřebení.
- Mezi opotřebením a indexem JKS byla zjištěna slabá negativní korelace. Výsledky viz tabulka.

	Opotřebení [%]	JKS - index
Pearson Correlation	1,000	-,138
	-,138	1,000
Sig. (1-tailed)	.	0,119
	0,119	.

Nebyl prokázán statisticky významný vliv indexu JKS na opotřebení břítu.

V tomto bodě se s ohledem na uvedený výsledek nabízí otázka, zdali index JKS všeobecně používaný pro účely báňsko-technického plánování je nejvhodnějším ukazatelem pro prognózování úbytků zubů a zdali dostatečně zohledňuje třecí poměry a abrazivnost těženého materiálu.

## 7.4 Výsledky měření pro geometrii 2

Během své práce na výzkumu jsem došel k poznání, že u tohoto typu geometrie dochází v praktických provozních podmínkách hnědouhelných lomů České republiky k rozdílnému přístupu zvyšování životnosti a to za pomoci tzv. návarů rohových břitů s vysoce pevnými karbidy. Mezi zkoušené navařovací materiály patří např. Ledurit 76, Tubrodur OK 15.80 nebo Corodur Corthal 78 OA. Z dostupných materiálů vykazují nejvyšší životnost rohové břity korečků s návarem materiálu Corodur Corthal 78 OA, který se používá na ochranu proti extrémně silnému otěru minerály. Díky mnohočetným jemně rozděleným Niob a Vanad karbidům vytvoří návar velmi dobrou ochranu proti škrábavému otěru, který se vytváří hlavně při kontaktu s ostrými médii s obsahem křemíku [21]. Pro vysokou odolnost návaru proti škrábavému otěru je Corthal 78 OA méně vhodný proti nárazu a úderu. Termovizní měření povrchové teploty rohových břitů s návary různých materiálů nebyla dosud v dostatečné míře realizována a pro tuto geometrii se nepodařilo získat vyhovující datové vstupy analýzy. Geometrie nebyla řešena.



Obrázek č. 20 – Záznam povrchových teplot břitu; zdroj: autor

V současné době je tato geometrie v provozech hnědouhelných povrchových lomů nasazována na přechodná období pro odtěžení především měkkých partií skrývky a při přechodu do zhoršených poloh jsou korečky z rohovými břity nahrazeny korečky se zuby resp. geometrií označenou jako geometrie č. 1 popř. geometrie č. 3.



Obrázek č. 21 – Ukázka upraveného břitu; zdroj: autor

## 7.5 Výsledky měření pro geometrii 3

V průběhu měsíce prosinec 2007 byla provedena rekonstrukce kola rýpadla KU800.20. V rámci této rekonstrukce došlo k výměně koreček se zuby BAMPU za korečky se systémem ESCO Super V51. Celé kolo bylo osazeno zuby s korunkami typu V39VYH. Vlastní těžba s těmito novými korečkami byla zahájena 3. 1. 2008 ve smíšeném řezu. Využil jsem této jedinečné příležitosti, kdy bylo celé kolo osazeno korečkami s úplně novými zuby, a provedl jsem měření povrchových teplot zubů od jejich nasazení až do doby ukončení jejich technické životnosti. Tím jsem obdržel objektivnější hodnoty než v případě geometrie č. 1. Z tohoto důvodu nebylo nutné pro tuto geometrii použít v takové míře metod statistiky včetně testování hypotéz. Mimo ostatní měření této geometrie byla provedena celkem tři srovnávací měření:

- 3. 1. 2008 měření výkonnosti s novými zuby
- 9. 1. 2008 měření opotřebení zubů
- 29. 1. 2008 komplexní měření rýpných odporů s opotřebovanými zuby

Součástí všech měření bylo i měření oteplení zubů termovizní kamerou. Výsledky z těchto měření lze shrnout do následující tabulky č. 7.

**Tabulka č. 7 – Porovnání naměřených hodnot**

<i>Systém</i>	$P_{rst}$	$F_{MR}$	$a$	$\Delta t$	$Q_{stř}$	$\sigma_c$	<i>Index</i>	<i>Opotřebení</i>
<b>ESCO</b>	<i>/kW/</i>	<i>/kNm<sup>-1</sup>/</i>	<i>/kWh.m<sup>-3</sup>/</i>	<i>/°C/</i>	<i>/m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>/</i>	<i>/MPa/</i>	<i>JKS</i>	<i>/%/</i>
<b>nové</b>	1079	95	0,753	54	1435	5,0	112,5	0
<b>opotřebované</b>	1310	113	1,638	98	800	5,5	121,5	19,23

Z tabulky je patrná závislost oteplení  $\Delta t$  a měrné energetické spotřeby – náročnosti na opotřebení.

Při termovizním měření nových zubů byla zjištěna maximální povrchová teplota zubu **91,3 °C**, průměrná 77,2 °C, tzn. že stoupla z počáteční průměrné teploty 23 °C v průměru o **54,2 °C**.

Při termovizním měření provedeném na konci sledování byla zjištěna maximální provozní teplota zubu **130,9 °C**, průměrná 108,3 °C, průměrná povrchová teplota z počáteční hodnoty 10,7 °C stoupla o **97,6 °C**.

## 8 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Aplikace výsledků bezkontaktního měření teplot v hornické praxi jednoznačně prokázala, že termovizní aparatury nesporně patří k té měřicí technice, pomocí které lze s úspěchem sledovat aktuální technický stav zubů korečků dobývacích orgánů rýpadel na povrchových hnědouhelných dolech, včasně lokalizovat nežádoucí stav a predikovat ukončení technického života předmětných částí strojů.

V praxi bylo již ověřeno, že realizace tepelné bezdemontážní diagnostiky při hornických provezech pomocí termovizní aparatury je velmi efektivní způsob zjišťování závad. Zpracování výsledků měření pomocí nejmodernější měřicí a výpočetní techniky umožňuje objektivní hodnocení aktuálního technického stavu sledovaných částí strojů a zařízení. Dosavadní měření povrchových teplot zubů korečků těžební techniky hnědouhelných lomů prokázaly oprávněnost těchto kontrol. Zároveň se ukázalo, že uskutečnění plánovaných výměn zubů prováděných tzv. „naslepo“, tzn. bez znalostí technického stavu, nepřináší žádoucí výsledek.

Zařazením bezkontaktního měření zubů pomocí termovizní aparatury do základního sběru dat prováděného v současné době na povrchových lomech se podařilo najít cestu, jak získávat informace o průběhu rozpojovacího procesu těžby nadložních vrstev při dobývání hnědého uhlí, o teplotách při opotřebování zubů a o možnostech využití těchto informací pro posuzování průběhu a účinnosti předmětného procesu rozpojování. Výše uvedené závislosti a vztahy, nalezené analýzou získané rozsáhlé databáze, je možno použít jako rozhodovací algoritmy při vytváření inteligentního software, který by na základě vstupních dat (povrchová teplota, dobývací podmínky dle indexu JKS a energetická náročnost rozpojovacích procesů) dokázal rozhodnout o aktuálním technickém stavu zubů a popřípadě predikovat čas do nutné výměny. S ohledem na finanční nároky vlastního provozu a výměny zubů kolesových rýpadel navrhuji použít pro kontinuální snímání povrchové teploty zubů korečku napevno umístěnou průmyslovou termovizní stacionární kameru, jejíž zařízení se dnes pohybuje pouze v řádech desítek tisíc korun.

V následujících tabulkách č. 8 a 9 je uveden souhrn nákladů na pořízení a provoz zubů korečků na jednotlivých lokalitách hnědouhelných lomů, pro konkrétní rýpadlo, které jsem zpracoval na základě získaných interních měsíčních výkazů a provozních dat



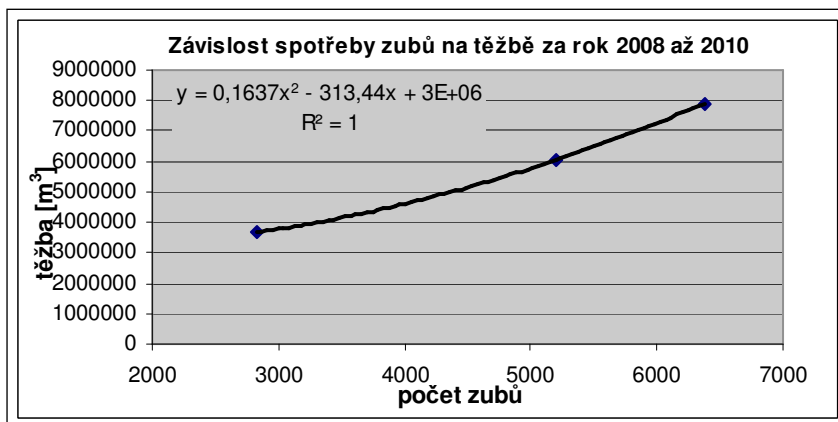
předmětných uhelných společností. Uvedené ceny za pořízení daného počtu spotřebovaných zubů v příslušném roce jsem vypočetl s ohledem na změny cen v průběhu sledovaného období.

**Tabulka č. 8** – Náklady na pořízení a provoz zubů 2673 na rýpadle KU 800.11;  
zdroj: [19]

rok	cena	počet zubů	počet hodin	těžba m <sup>3</sup>
2008	3200600	5200	2472	6043092
2009	4222236	6378	3442	7906549
2010	1882941	2823	1461	3666268
	<b>9305777</b>	<b>14401</b>	<b>7375</b>	<b>17 615 909</b>

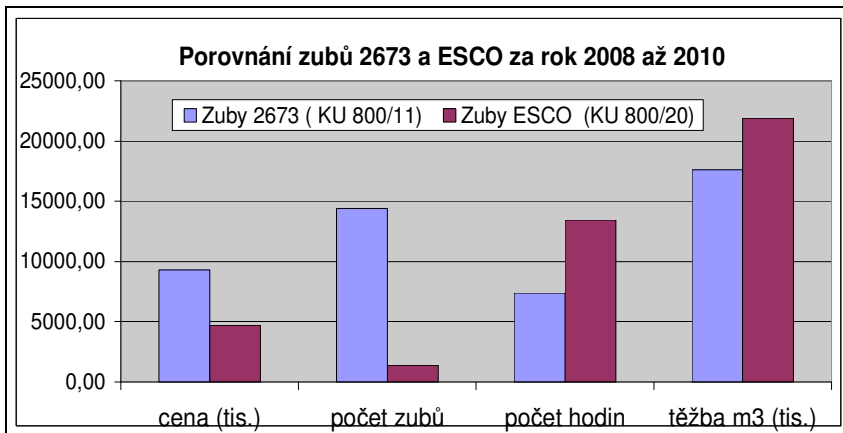
**Tabulka č. 9** – Náklady na pořízení a provoz zubů ESCO na rýpadle KU 800.20;  
zdroj: [20, autor]

rok	cena (tis.)	počet zubů	počet hodin	těžba m <sup>3</sup> (tis.)
2008	2053,69	728	4765	7 419,79
2009	586,77	208	4501	7 337,87
2010	707,82	416	4175	7 129,03
	3348,28	1352	13441	21 886,69
adaptér	1352,00			
<b>suma</b>	<b>4700,28</b>	<b>1352</b>	<b>13441</b>	<b>21886,69</b>



**Graf č. 1** - Závislost spotřeby zubů geometrie č. 1 na těžbě; zdroj: [19, autor]

Na základě uvedeného grafu č. 10 je možno predikovat spotřebu zubů dané geometrie pro plánovaný objem těžby.



**Graf č. 2** – Porovnání nákladů na pořízení a provoz zubů pro geometrii 1 a 3;  
zdroj: [19, 20, autor]

V grafu č. 11 jsem přehledně zpracoval zjištěná data za tříleté období řešení disertační práce tak, že je možné jednoduše porovnat:

- náklady na celkový objem spotřebovaných zubů pro danou geometrii
- počet spotřebovaných zubů za celé sledované období
- počet provozních hodin, tzn. jak dlouho byly zuby v provozu
- množství nadložních hmot odtěžených rýpadlem se sledovanou geometrií.

Z výše uvedeného je možno vypočítat průměrné náklady a spotřebu zubů vztažené na jednu hodinu provozu resp. m<sup>3</sup> vytěženého materiálu viz tabulky č. 10 a 11.

**Tabulka č. 10** – Geometrie č. 1; zdroj: [19, autor]

Cena	Spotřeba zubů
0,528 Kč/m <sup>3</sup>	0,817 ks/ 1000 m <sup>3</sup>
1 262 Kč/h	2 ks/h

**Tabulka č. 11** – Geometrie č. 2; zdroj: [20, autor]

Cena	Spotřeba zubů
0,215 Kč/ m <sup>3</sup>	0,062/ 1000 m <sup>3</sup>
349 Kč/h	0,1 ks/h

## 8.1 Porovnání geometrií 1 a 3

V současné době v praxi dochází k poměrně chaotické výměně opotřebovaných zubů za nové, kdy jsou v korečku často vyměňovány všechny zuby, a to i ty, které ještě nemají příliš velké úbytky, takže by mohli být dále provozovány v některé méně namáhané pozici v korečku. V následujícím odstavci je porovnání nerovnoměrného oteplení resp. míry opotřebení zubů v závislosti na pozici v korečku dobývacího orgánu kola rýpadla pro geometrii č. 1 a 2

Rozložení teplot zubů dle pozice pro geometrii 1 (viz graf č. 3).

Při pohybu kolesového výložníku zprava doleva vykazují nejvyšší povrchovou teplotu zuby č. 3. Následují pak zuby č. 1 a 2. Nejnižší povrchová teplota změřena na zubech č. 5.

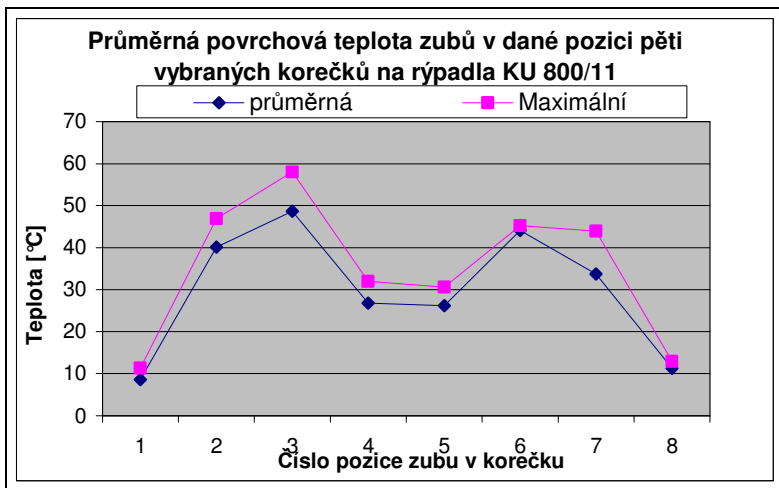
Při pohybu kolesového výložníku zleva doprava vykazovaly nejvyšší povrchovou teplotu zuby č. 6. Následují pak zuby č. 8 a 7. Nejnižší povrchová teplota změřena na zubech č. 4.

Rozložení teplot zubů dle pozice pro geometrii 3 (viz graf č. 4).

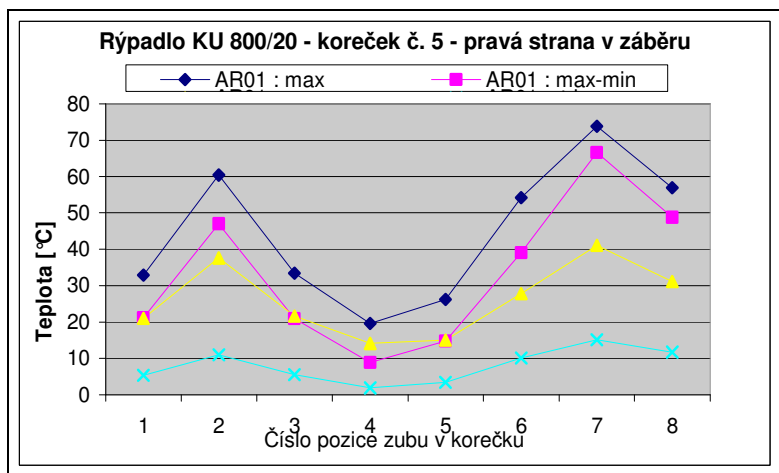
Při pohybu kolesového výložníku zprava doleva vykazují nejvyšší povrchovou teplotu zuby č. 2. Následují pak zuby č. 1 a 3. Nejnižší povrchová teplota změřena na zubech č. 5.

Při pohybu kolesového výložníku zleva doprava vykazovaly nejvyšší povrchovou teplotu zuby č. 7. Následují pak zuby č. 8 a 6. Nejnižší povrchová teplota změřena na zubech č. 4.

Z uvedeného vyplývají možnosti, jak racionálně postupovat při výměně zubů s možností dále používat méně opotřebované zuby v jiné méně namáhané pozici v korečku pro danou geometrii. Takovýto systémový přístup k úsporám při výměně zubů má nesporné výhody ve formě snížení části nákladů a v tom, že zásadní rozhodnutí při provozní údržbě lze dopředu naplánovat, vyhodnotit a zvolit nejvhodnější variantu. Zavedením systematické preventivní údržby do provozování zubů koreček doplněné predikcí a proaktivní péčí o klíčovou část stroje lze zásadním způsobem zlepšit nejen práci údržby, ale také řešit efektivnost provozu. Pracovníci údržby budou moci v předstihu zajistit dostatečné množství náhradních dílů, připravit pracoviště pro demontáž a montáž zubů a k naplánování odstávky velkostroje.



**Graf č. 3** – Naměřené teploty zubů v závislosti na pozici pro geometrii č. 1; zdroj: [autor]



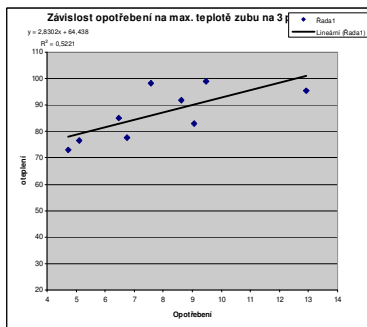
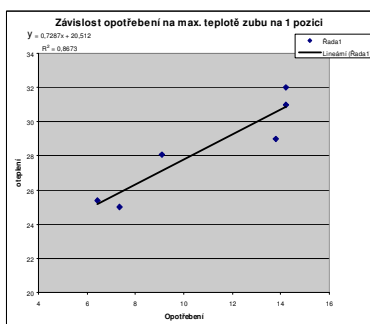
**Graf č. 4** - Naměřené teploty zubů v závislosti na pozici pro geometrii č. 3; zdroj: [autor]

### Výsledky z provedené analýzy naměřených hodnot

- Závislost opotřebení x na teplotě zubu a dle pozice zubu v korečku je následující:

**Tabulka č. 12** – Vztah mezi opotřebením a teplotu; zdroj: autor

Pozice zubu	Regresní vztah	Koeficient regrese R2
1.1	$a = 0,7287x + 20,512$	0,8673
1.2	$a = 4,3089x + 24,368$	0,5775
1.3	$a = 2,8302x + 64,438$	0,5221
1.4	$a = 3,579x + 16,955$	0,4717
1.5	$a = 13,252x - 55,382$	0,4211
1.6	$a = 2,4038x + 62,54$	0,6395
1.7	$a = 1,4399x + 59,009$	0,4119
1.8	$a = 0,5439x + 30,077$	0,6612

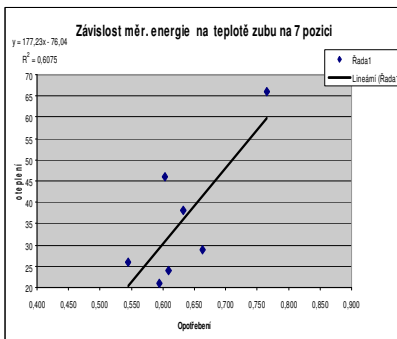
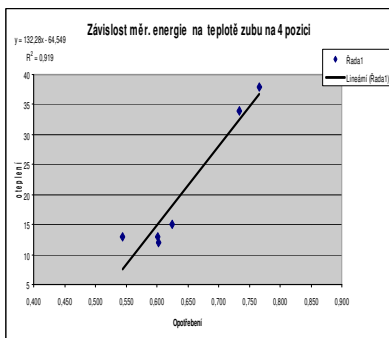


**Graf č. 12** – Ukázka grafů závislosti opotřebení na teplotě pro konkrétní pozici zubu; zdroj: [autor]

- Závislost měr. energie x na teplotě zubu a dle pozice zubu v korečku je následující:

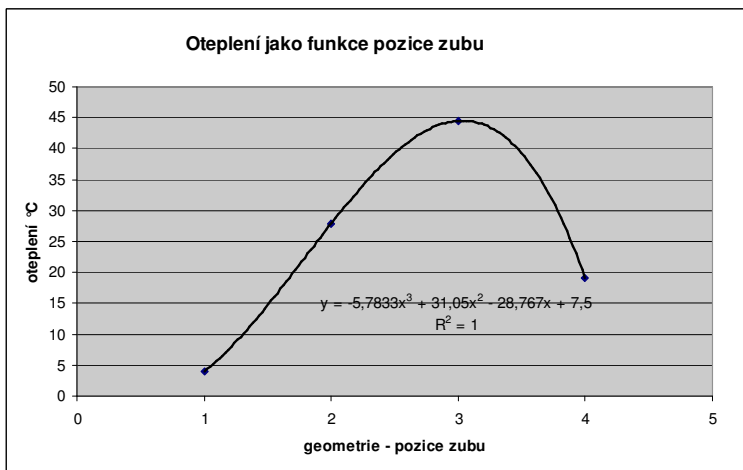
**Tabulka č. 13** – Vztah měr. energie na teplotě; zdroj: autor

Pozice zubu	Regresní vztah	Koeficient regrese R2
1.1	$a = 18,505x - 7,6286$	0,1233
1.2	$a = 185,82x - 86,199$	0,5462
1.3	$a = 94,659x - 13,895$	0,2974
1.4	$a = 132,28x - 64,549$	0,919
1.5	$a = 143,3x - 72,079$	0,6503
1.6	$a = 120,05x - 28,468$	0,3748
1.7	$a = 177,23x - 76,04$	0,6075
1.8	$a = 16,336x - 7,5083$	0,4091



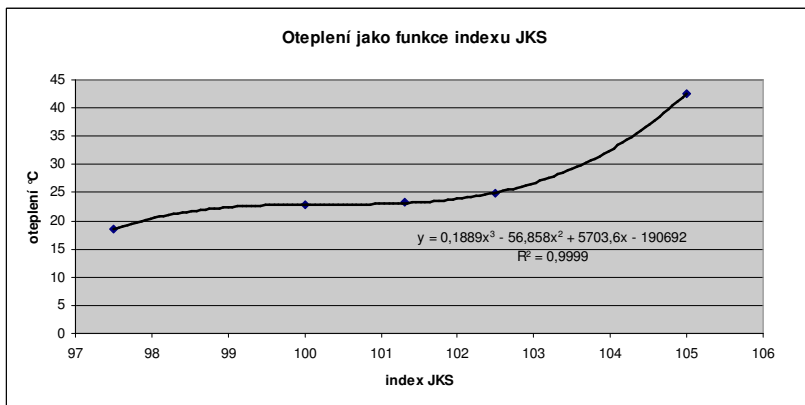
**Graf č. 13** - Ukázka grafů závislosti měr. energie na teplotě pro konkrétní pozici zubu;  
zdroj: [autor]

- byla prokázána statisticky významná korelace mezi oteplením zubu a jeho pozicí na rozpojovacím orgánu, neboli jeho faktickou geometrií.

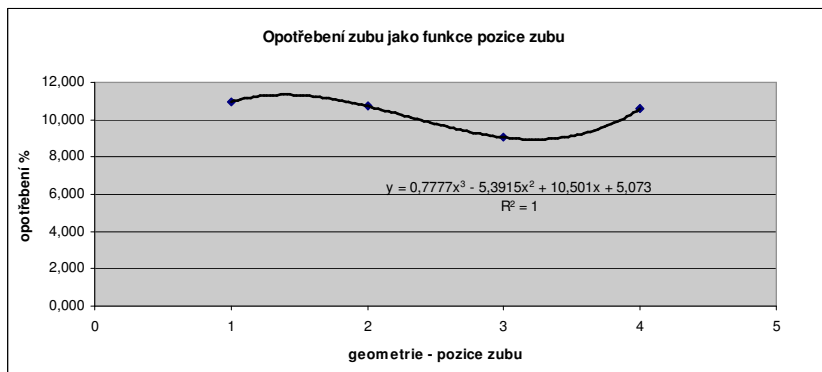


Oteplení =  $-5,7833x^3 + 31,05x^2 - 28,767x + 7,5$     x .... pozice zubu     $R^2 = 1$ .

- byla prokázána statisticky významná korelace mezi oteplením zubu a indexem JKS.



- byla prokázána statisticky významná korelace mezi opotřebením zubu a jeho geometrií.



- byl dán seriózní základ databance, kterou je možno nadále doplňovat a korelační vztahy zpřesňovat.

## 8.2 Shrnutí výsledků práce

Konkrétně lze výsledek práce shrnout následovně:

- disertační práce s názvem „**Vliv teplotního obrazu zubu korečku kola na jeho životnost**“ byla řešena v letech 2007 ÷ 2011

- výsledky analýz jsou postaveny na základě dat z 16 krátkodobých měření a 3 dlouhodobých měření in situ provedených na rýpadlech třídy TC2
- byla prokázána významná statistická závislost a korelační vztahy mezi energetickou náročností rozpojovacích procesů a dobývacími podmínkami hodnocenými indexem JKS
- byla prokázána statisticky významná pozitivní korelace mezi energetickou náročností a oteplením břitu
- byla prokázána statisticky významná korelace mezi oteplením zubu a jeho pozicí na rozpojovacím orgánu
- byla prokázána statisticky významná korelace mezi oteplením zubu a indexem JKS
- za pomoci statistických metod bylo zjištěno, že lze oteplení zubů korečků rýpadel s ohledem na indexem JKS očekávat s 95% pravděpodobností v intervalu **(32,54)** °C
- byl dán seriózní základ databance, kterou je možno nadále doplňovat a korelační vztahy zpřesňovat
- na základě popsanych vztahů je možno racionálně postupovat při výměně zubů a vhodným způsobem nadále používat méně opotřebované zuby
- na základě získaných výsledků a po jejich zpřesnění je možno vytvořit inteligentní software, který bude po vyhodnocení vstupních veličin zobrazovat aktuální stav opotřebování zubů popř. čas do nezbytné výměny. Takový software je již nad rámec předložené disertační práce
- pro měření povrchové teploty zubů korečků pomocí termovizní aparatury pro potřeby řešení disertační práce jsem navrhl metodiku, jejíž zjednodušenou verzi je možno použít pro běžná měření provozního oteplení zubů (například pro kontinuální snímání povrchové teploty zubů korečku pomocí napevno umístěné průmyslové stacionární kamery, jejíž data bude automaticky zpracovávat vyhodnocovací software).



## 9. ZÁVĚR

V úvodní části disertační práce upozorňuji na důležitost těžby hnědého uhlí v České republice z hlediska zabezpečení potřeb národního hospodářství při maximálním využití domácích surovin, minimalizaci nákladů a energetické náročnosti. Konstatuji, že dobývací proces při povrchovém hnědouhelném hornictví je v České republice v převážné míře realizován kolesovými rýpadly, která jsou součástí technologických celků. Postupem lomové těžby do stále větších hloubek narůstají problémy s rozpojováním těžených hmot, které se promítají v důsledku nárůstu rypných odporů do životnosti některých uzlů dobývacích strojů.

Disertační práce je rozsáhlá a hloubková analýza procesu rozpojování nadložních vrstev kolesovými rýpadly se zaměřením na provozní oteplení zubů dobývacích orgánů. Zpracovává za použití statistických metod původní rozsáhlou databázi informací resp. in situ naměřených dat.

Disertační práce si klade za cíl zmapovat teplotní poměry zubu korečku kola při procesu rozpojování nadložních zemin a stanovit metodiku měření a vyhodnocování, umožňující v provozních podmínkách provádět jednoduchou, technicky a ekonomicky nenáročnou zkoušku, na jejímž základě lze posuzovat stupeň opotřebení rozpojovacích orgánů a na základě získaných vztahů predikovat zbytkovou životnost resp. čas do nezbytné výměny zubů korečku dobývacího orgánu. Tyto cíle jsou postaveny na :

- analýze problematiky opotřebení a teploty povrchů
- měřením v provozních podmínkách
- teoretickým řešení modelu
- vyhodnocením výsledků

Na základě uvedených výsledků předkládané práce lze konstatovat, že v souladu s vytyčeným úkolem resp. tézemi disertační práce se podařilo prokázat statisticky významnou souvislost mezi oteplením zubu-břitu rozpojovacího orgánu a jeho opotřebením, energetickou náročností a indexem JKS. Pro tyto významné souvislosti byly nalezeny rovnice které popisují vzájemné závislosti. Současně tak byla prokázána využitelnost termovizního měření teploty břitu-zubu rozpojovacího orgánu pro stanovení jeho oteplení.

Tím byl splněn cíl řešení. Současně byl vytvořen prostor pro další objektivizaci uvedených vztahů.

## CONCLUSION

I give a notice of the importance of brown coal mining from the point of view of needs of the national economy in the Czech Republic with maximum utilisation of home raw materials, and cost and power consumption minimisation in the starting part of this thesis. I state that brown coal in open pits is mostly mined by wheel excavators which are part of technology complexes in the Czech Republic. As the quarry mining gets deeper, problems with disconnecting mined matter increase and project into lifetime of some elements of mining machines due to increasing digging resistance.

This thesis is a wide and deep analysis of overlying layer disconnection by wheel excavators and is aimed to operational warming of mining member teeth. An original large database of information or in situ measured data has been processed by means of statistical methodology,

The thesis wants to map the thermal situation of a bucket tooth at overlying earth disconnection and to establish a measurement and evaluation methodology enabling a simple, technologically easy and economic operational test which can determine a wear situation of disconnecting members and so to predict remaining life-time, or the time remaining to the necessary exchange of the bucket teeth of disconnecting member. These aims stand on:

- analysis of the issue of surface wear and temperature
- measurement in operational condition
- model theoretical solution
- result evaluation

It can be stated from the presented thesis results that statistically significant correlation between disconnecting member tooth – edge and its wear, power consumption and the JKS index was proved according to the given objective and the task of this thesis. Equations describing mutual dependencies were found for these significant relations. Applicability of the thermovision measurement of disconnecting member edge-tooth for finding out its warming was proved as well.

The goal of the solution was fulfilled in this way. A next space for further objectification of the stated relation was created, too.

## Použitá literatura

- [1] ČSN 27 7013 - Kolesové rýpadla a nakladače, květen 1992.
- [2] Briš R.: Výzkum závislostí pro energetickou náročnost, opotřebení a oteplení v kontextu s geometrií břitu a geologickými podmínkami při dobývacím procesu kolesových rýpadel, Technická zpráva, Kunčice pod Ondřejníkem 2010, 49 s.
- [3] GONDEK, H. - JURMAN J. - HELEBRANT F. :      Analýza teorie rozpojování hornin kolesovými rýpadly a objektivní náhled na ČSN 2707013, Centrum špičkových technologií pro hnědouhelné hornictví – subprojekt B, VŠB – TU Ostrava 2000, 46 s., 64 příl.
- [4] HELEBRANT F.: Konstrukce velkostrojů a jejich spolehlivost – II. provozní spolehlivost. I. vydání, Montanex, a.s. Ostrava, 2004. 89 s., ISBN 80-7225-149-X
- [5] HELEBRANT F.- JURMAN J. - FRIES J.: Kolesová rýpadla a provozní spolehlivost. VŠB – TU Ostrava 2007, 189 s., ISBN 978-80-248-1669-2
- [6] JEŘÁBEK K. – VOŠTOVÁ V. – HELEBRANT F.: Provoz a údržba strojů – I. Provoz strojů, ČVUT v Praze 2001, 193 s., ISBN 80-01-02418-0.
- [7] JURMAN J. - FRIES J.: Konstrukce velkostrojů a jejich spolehlivost, I.díl - Zatížení konstrukčních uzlů – teorie a praxe, Montanex, a.s. Ostrava, 2004. 115 s., ISBN 80-7225-148-1
- [8] NOVÁK A.: Měření a vyhodnocení výkonových parametrů velkstroje KU 800/11-K84.Technická zpráva VÚHU, Most 2008, 20 s., AZL-054/08
- [9] NOVÁK A.: Ověření výkonových parametrů rýpadla KU800/18-K99.Technická zpráva VÚHU, Most 2006, 13 s., AZL-163/06
- [10] NOVÁK A.: Výkonová zkouška rýpadla SchRs 1320/4 x30. Technická zpráva VÚHU, Most 2008, 78 s. ,AZL 104/08
- [11] NOVÁK A.: Výzkum zákonitostí pro prognózování výkonností dobývacích velkostrojů – závěrečná zpráva, Technická zpráva VÚHU, Most 2008, 94 s., AZL-184/08
- [12] NOVÁK A.: Zvýšení životnosti korečků KU 800.20 s využitím zubů ESCO. Technická zpráva VÚHU, Most 2007, 41 s., AZL-162/07
- [13] ŠIMŮNEK, J: Části strojů pro povrchovou těžbu – Kolesová rýpadla. Studijní texty pro postgraduální studium. Institut VHJ Vítkovice 1985. 113 s.
- [14] VOŠTOVÁ V. – HELEBRANT F. – JEŘÁBEK K.: Provoz a údržba strojů – II. část Údržba strojů, ČVUT v Praze 2001, 124 s., ISBN 80-01-02531-4.
- [15] ŽĎÁRSKÝ J.: Interakce hornina – dobývací stroj. Odborný článek v časopisu Uhlí - rudy - geologický průzkum, 2/2006, s. 11-15. (Odborné posouzení ing. B. Suchý).
- [16] ŽĎÁRSKÝ J., FULTNER J. a kol.: Prognózování rozpojovacích odporů hornin v perspektivních dolových polích velkolomů. Grantový úkol č. 105/988/0166. Závěrečná zpráva GÚ. VÚHU a.s., Most 2000, 67 s.

- [17] Therma CAM TM Reporter 2000 Professional – Operating Manual, FLIR Systems AB Publication number: 1557 436 version A, 25th May 2000, 249 s..
- [18] KLOUDA P.: Výzkum vlivu tvaru a geometrie břítu rozpojovacích orgánů kolesových rýpadel pomocí nových metod na energetickou náročnost a životnost. Grantový úkol č. 105/07/1031. Technická zpráva VÚHU, Most 2009, 19 s., AZL-102/09
- [19] Provozní data a měsíční výkazy rýpadla KU 800.11\K84. Vršanská uhelná a.s.
- [20] Provozní data a měsíční výkazy rýpadla KU 800.20. Severočeské doly a.s.
- [21] ŠABACH V., BĚHÁLEK L.: Zvýšení životnosti rohových břitů korečku KU 800. In Seminář zaměřený na problémy provozu, údržby a oprav strojního zařízení, používaného při povrchovém dobývání, VÚHU, a.s., SD, a.s., MU, a.s., VŠB – TU Ostrava, Sloup v Čechách 2007, s. 16 - 21, ISBN 978-80-248-1592-3
- [22] Britské listy [online].[cit. 15.6. 2007]. Dostupné na WWW: <<http://www.blisty.cz>>
- [23] Smaturita [online]. Dostupné na WWW: <<http://smaturita.wz.cz/tech/73.doc>>
- [24] Verlag Dashöfer [online]. Dostupné na WWW: <[http://www.dashofer.cz/download/pdf/stp/14\\_obrabeni.pdf](http://www.dashofer.cz/download/pdf/stp/14_obrabeni.pdf)>

## Vlastní publikace

- [1] BAŠTA L.- KLOUDA P.- MONI V. Měření výkonnosti a vibrací na kolesovém rypadle K 2000, VÚHU a.s. Most, Most 2007, AZL – 133/07, 35 stran
- [2] BAŠTA L.- KLOUDA P.- MONI V. Měření výkonnosti na kolesovém rypadle K 2000, VÚHU a.s. Most, Most 2007, AZL – 131/07, 28 stran
- [3] FRIES, J. – HELEBRANT, F. – KLOUDA, P. – MONI, V. – KUBÍK, B.: Provozní měření na kolesových rypadlech. In SPRAVODAJ ATD SR 1 - 2/2009, ATD SR, Košice 2009, s. 10 – 15, ISSN 1337-8252
- [4] FRIES, J. – HELEBRANT, F. – NOVÁK, A. – KLOUDA, P. – MONI, V.: Měření výkonnosti na kolesovém rypadle K 2000. In DIAGO 2010, 29. mezinárodní konference, Technická diagnostika Z1/2010, ročník XIX, CD s. 87 – 92, ISSN 1210-311X
- [5] FRIES, J. - HELEBRANT, F. - MONI, V. – KLOUDA, P. - Provozní měření na kolesových rypadlech. In Zpravodaj Hnědé uhlí 1/2010, VÚHU a.s. Most, s. 28 - 34, ISSN 1213-1660.
- [6] FRIES, J. – HELEBRANT, F. – JURMAN, J. – KLOUDA, P. – MONI, V.: Merenje momenta torzije na vratilu rotornog točka kod velikih mašina. III. Medunarodni simpozijum energetiko rudarstvo ER 2010, Apatin 2010, s. 436-441, ISBN 978-86-7352-215-9
- [7] FRIES, J. – HELEBRANT, F. – JURMAN, J. – KLOUDA, P. – MONI, V.: Merenje kapaciteta rotornog bagera tipa K 2000. III. Medunarodni simpozijum energetiko rudarstvo ER 2010, Apatin 2010, s. 441-446, ISBN 978-86-7352-215-9
- [8] FRIES, J. – JURMAN, J. – HELEBRANT, F. – NOVÁK, A. – KLOUDA, P. – MONI, V.: Měření točivého momentu na hřídeli kola velkstroje. In Dynamicky namáhané konstrukce – DYNA 2008, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., Brno 2008, s. 197 – 202. ISBN 978-80-7204-593-8
- [9] FRIES, J. – JURMAN, J. – HELEBRANT, F. – NOVÁK, A. – KLOUDA, P. – MONI, V.: Měření točivého momentu na hřídeli kola velkstroje. In 13. Medzinárodná vedecká konferencia Kvalita a spoľahlivosť technických systémov 2008, SPU v Nitre Technická fakulta, Nitra 2008, s. 207 – 211, ISBN 978-80-552-0059-0
- [10] FRIES, J. – JURMAN, J. – HELEBRANT, F. – NOVÁK, A. – KLOUDA, P. – MONI, V.: Měření výkonnosti na kolesovém rypadle K 2000. In 14th International Scientific Conference Quality and reliability of Technical Systems, Nitra 2009, SPU v Nitre TF, ISBN 978-80-552-0222-8, CD sborník
- [11] HELEBRANT, F. – MONI, V. – HUDECZEK, M. – URBAN, P.: Technická diagnostika a spoľehlivosť – V. Termografie. VŠB – TU Ostrava 2008, 1. vydání, 72 s., ISBN 978-80-248-1942-6
- [12] HELEBRANT, F. - MONI, V. - KLOUDA, P. - VALENTOVÁ, H. - NEDBAL, J. - NEUBERT, M. : Diagnostika pásových dopravníků. Národné fórum údržby 2010,

10. mezinárodní konference, Vysoké Tatry, Štrbské Pleso, s. 133 – 143, ISBN 978-80-554-0195-9

- [13] HELEBRANT, F. - MONI, V. - KLOUDA, P. - VALENTOVÁ, H. - NEDBAL, J.: Propozycje rozwiązan ruchowych zwiekszajace niezawodnosc przenosnikow tasmowych. Ekonimika i organizacja przedsiebiorstwa 2010, NR 4 (723) Kwiecien 2010, s. 62, PL ISSN 0860-6846
- [14] HELEBRANT, F. - MONI, V. - KLOUDA, P. - VALENTOVÁ, H. - NEDBAL, J. - NEUBERT, M. : Provozni nasazení metod technické diagnostiky na pásone dopravničky. Výzkum, výroba a použití ocelových lán, dopravničkov a tažných zariadení 2010, 16. mezinárodní konference, Vysoké Tatry, Podbanské, s. 45, ISSN 1451-107X
- [15] HELEBRANT, F. – MONI, V. – KLOUDA, P. – VALENTOVÁ, H. – NEDBAL, J. – NEUBERT, M.: Možnosti řešení provozní spolehlivosti pásových dopravniček. In Konferencja Systemy wspomagania w zarzadzaniu šrodowiskem, Skalní Město 2010, Economics and Organization of Enterprise 4/2010, Institute of Organization and Management in Industry „ORGMASZ“, 62 s. + CD, PL ISSN 0860 – 6846
- [16] HELEBRANT, F. – MONI, V. – KLOUDA, P. – VALENTOVÁ, H. – NEDBAL, J. – NEUBERT, M.: Provozni nasazení metod technické diagnostiky na pásové dopravničky. In XVI. Medzinárodná konferencia Výzkum, výroba a použitie ocelových lán, dopravničkov a ťažných zariadení; The International Journal TRANSPORT & LOGISTICS, 7. Mimoriadne číslo časopisu, Košice 2010, CD s. 186 – 195, ISSN 1451-107X
- [17] KLOUDA P., – MONI V. Vliv tvaru a geometrie břitu rozpojovácích orgánů v inerakci s rozpojovanou horninou. In Seminář zaměřený na problémy provozu, údržby a oprav strojního zařízení, používaného při povrchovém dobývání, VÚHU, a.s., SD, a.s., MU, a.s., VŠB – TU Ostrava, Sloup v Čechách, 2008, s. 57 – 67, ISBN 978-80-248-1858-0.
- [18] KLOUDA P.- NOVÁK A.- BAŠTA L.- MONI V.- STRAKOŠ K. Porovnání tvaru zubů systému BAMPU a ESCO na energetickou náročnost. In Zpravodaj Hnědé uhlí, 3/2008, s. 2 -4, ISSN 1213-1660.
- [19] KLOUDA P.- NOVÁK A.- BAŠTA L.- MONI V.- STRAKOŠ K. Wplyw kształtu i geometrii ostrza oganów urabiających w iterakcji z urabiana skala. Systemy Wspomagania w Zarzadzaniu Srodowiskiem. Zabrze 2008, ISBN 83 – 919777-3-0
- [20] KLOUDA P.- NOVÁK A.- BAŠTA L.- MONI V.- STRAKOŠ K. Výzkum vlivu tvaru a geometrie břitu rozpojovácích orgánů v interakci s rozpojovanou horninou. In Technická diagnostika 1/2009, ročník XVIII, s. 38. – 43, ISSN 1210-311X.
- [21] MONI V.- KLOUDA P. Aplikace výsledků bezkontaktního měření teplot v hornické praxi. . In Seminář zaměřený na problémy provozu, údržby a oprav strojního zařízení, používaného při povrchovém dobývání, VÚHU, a.s., SD, a.s., MU, a.s., VŠB – TU Ostrava, Sloup v Čechách 2007, s. 54 - 64, ISBN 978-80-248-1592-3

- [22] MONI V.- KLOUDA P. Aplikace výsledků bezkontaktního měření teplot v hornické praxi. In Technická diagnostika Z1/2008, ročník XVII, 27. mezinárodní vědecká konference DIAGO 2008, s.24 – 32, ISSN 1210-311X.
- [23] MONI V.- KLOUDA P.- KUBÍK B. Fragmenty z komplexního měření na lomovém velkstroji typu KU 800. In Zpravodaj Hnědé uhlí, 3/2009, s. 37 - 40, ISSN 1213-1660.
- [24] MONI V.- KLOUDA P.- KUBÍK B. Výzkum vlivu tvaru a geometrie břitu rozpojovacích orgánů kolesových rýpadel na energetickou náročnost a životnost. In Seminář zaměřený na problémy provozu, údržby a oprav strojního zařízení, používaného při povrchovém dobývání, VÚHU, a.s., SD, a.s., MU, a.s., VŠB – TU Ostrava, Sloup v Čechách, 2009, s. 92 – 101, ISBN 978-80-248-2069-9.
- [25] MONI. V. - HELEBRANT, F.: Využití bezkontaktního měření teplot v technické diagnostice pásových dopravníků. In XIII. ročník mezinárodnej vedeckej konferencie DIS 2010, Košice 2010, CD, ISBN 978-80-553-0503-5
- [26] NEUBERT, M. - VELICHKO, V. - KLOUDA, P. - MONI, V. - NEDBAL, J. - HELEBRANT, F. - VALENTOVÁ, H. : Kontinuální měření vibračních spekter ložisek bubnů v pásové dopravě. Národní fórum údržby 2010, 10. mezinárodní konference, Vysoké Tatry, Štrbské Pleso, s. 144 – 150, ISBN 978-80-554-0195-9
- [27] NOVÁK A.- KLOUDA P.- MONI V. Ověřování výkonových parametrů velkstroje K 2000. . In Seminář zaměřený na problémy provozu, údržby a oprav strojního zařízení, používaného při povrchovém dobývání, VÚHU, a.s., SD, a.s., MU, a.s., VŠB – TU Ostrava, Sloup v Čechách 2007, s.1 – 5, ISBN 978-80-248-1592-3
- [28] NOVÁK, A.- BAŠTA L.- KLOUDA P.- KUBÍK B.- MONI, V. Zvýšení životnosti korečků KU 800.20 s využitím zubů ESCO, VÚHU a.s. Most, Most 2007, AZL – 162/07 26 stran
- [29] NOVÁK A., – KLOUDA P., – MONI V. Měření a vyhodnocení výkonových parametrů velkstroje KU800/18 po rekonstrukci. In Seminář zaměřený na problémy provozu, údržby a oprav strojního zařízení, používaného při povrchovém dobývání, VÚHU, a.s., SD, a.s., MU, a.s., VŠB – TU Ostrava, Sloup v Čechách, 2008, s. 112 - 116, ISBN 978-80-248-1858-0.
- [30] NOVÁK A., – KLOUDA P., – MONI V. Soubor technických měření na velkstroji SchRs 1320/4x30, Technická zpráva, VÚHU a.s., Most, AZL – 083/08, 33 stran
- [31] ŠKRABAN, V. - KLOUDA, P. - MONI, V. Technická diagnostika v provozech povrchových úprav. 43. celostátní aktiv galvanizérů, Jihlava 2/2010, s. 5 - 9 ISBN 978-80-903709-4-4

## ŽIVOTOPIS

Jméno a příjmení: Ing. Vlastimil Moni  
Bydliště: Obránců míru 363/2865, Most  
Datum narození: 3. 4. 1974  
Národnost: Česká  
Stav: Ženatý

### *Vzdělání a kvalifikace:*

1994 – 1998 SOU LIVA, spol. s.r.o., Dělnická 21, Most – Velebudice, obor: všeobecná ekonomika, Maturitní zkouška: květen 1998  
2001 - 2007 VŠB-TU Ostrava, Hornicko-geologická fakulta, obor Hornictví a geologie  
2007 - dosud VŠB-TU Ostrava, Fakulta strojní, obor Stavební stroje a zařízení. Téma práce: Vliv teplotního obrazu zubu korečku kola na jeho životnost.

### *Pracovní zkušenost:*

Od r. 2000 pracuje ve VÚHU a.s. Most jako technický a vývojový pracovník a od r. 2010 jako technický vedoucí Laboratoře technické diagnostiky. Je spoluřešitelem grantového projektu MPO FR-TII/537 s názvem „Komplexní diagnostický systém pro pásovou dopravu“. Dále byl spoluřešitelem grantového projektu č. 105/07/1031 s názvem „Výzkum vlivu tvaru a geometrie břitu rozpojovacích orgánů kolesových rýpadel pomocí nových metod na energetickou náročnost a životnost“. V roce 2010 získal podporu TAČR projektu „Výzkum možností predikce vzniku záparů a následného samovznícení hnědouhelných paliv“ jehož je hlavním řešitelem. V r. 2008 získal osvědčení „báňský projektant“ a „závodní lomu“. Dosud publikoval okolo 120 původních prací.

## CURRICULUM VITAE

Name surname: Ing. Vlastimil Moni  
Address: Obránců míru 363/2865, Most  
Date of Birth: 3. 4. 1974  
Nationality: Czech  
Marital Statuses: married

### *Education:*

1994 – 1998 SOU LIVA School, Ltd., Dělnická 21, Most – Velebudice, Specialisation: General Economics, School Leaving Examination: May 1998  
2001 - 2007 VŠB-Technical University Ostrava, Faculty of Mining and Geology, Specialisation Mining and Geology  
2007 - now VŠB-Technical University Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Specialisation Machines and Devices. Theme of thesis

### *Work Experiences:*

He has been working as a technology and development worker the VÚHU Brown Coal Research Institute in Most since 2000 and as a head of the Laboratory of Technological Diagnostics since 2010. He is a co-solver of the Ministry of Industry and Trade's FR-TII/537 grant project entitled "Complex Diagnostic System for Belt Transport". He was a co-solver of the No. 105/07/1031 grant project entitled "Research of Shape and Geometry of Edge of Disconnecting Members of Wheel Excavators on Energy Consumption and Life-time by means of New Methods". He acquired the Technological Agency of the Czech Republic support for the "Research of Possibilities of Prediction of Infusion and Self-ignition of Brown Coal Fuel" project of which he is a main solver. He acquired "mining designer" and "mining operation head" certificates in 2008. He has published ca 120 original works up to now.